معاونت اکتشاف – مدیریت خدمات اکتشاف

گروه اکتشافات ژئوشیمیایی

اکتشافات ژئوشیمیایی در ورقه ۱:۱۰۰،۰۰۰ اسفوردی

توسط:

م.ر.علوی نائینی ، ا. مشکانی، ع. فضائیلی

م. علیپور، ع.سعیدی

خرداد ماه ۱۳۸۱

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
بخش اول:کلیات	۳
۱-۱-موقعیت جغرافیایی ناحیه مورد مطالعه	٤
۱-۲-آب وهوا وپراکندگی جمعیت ناحیه مورد مطالعه	٤
۱-۳-چینه شناسی	٦
۱-۳-۱-پرکامبرین بالایی	٦
۱-۳-۲-پرکامبرین بالایی-کامبرین زیرین(اینفراکامبرین)	۷
۱-۳-۳-کامبرین میانی-بالایی	۹
۱-۳-٤-اوردویسین	۹
۱-۳-٥-سیلورین	۱۰
۱-۳-٦-دونین	۱۰
۱-۳-۷-پرمین	۱۰
۱-۳-۸-تریاس	۱۱
۱-۳-۹-ژوراسیک	۱۲
۱-۳-۱۰-کرتاسه	۱۲
۱-۳-۱۱-پالئوسن	۱۳

۱۲-۳-۱-نئوژن ۱۳
۱۳-۳-۱-پلیوپلیستوسن ۱٤
۱٤-۳-۱-کواترنر ۱٤
٤-۱-سنگهای دگرگونی ۱٥
۱-٤-۱- سری ندن ۱٥
۲-٤-۱-سری میشدوان ۱٥
٥-۱-سنگهای نفوذی ۱٦
٦-۱-تکتونیک ۱۹
۷-۱-ذخایر معدنی چهارگوش اسفوردی ۲۰
بخش دوم:اکتشافات ژئوشیمیایی ۲۹
مقدمه ۳۰
فصل اول:نمونه برداری وآنالیز نمونه ها ۳۱
۱-۱-مقدمه ۳۱
۲-۱-انتخاب محیط نمونه برداری ۳۲
۳-۱-طراحی محل نمونه ها ۳٤
٤-۱-عملیات صحرایی نمونه برداری ۳٦
٥-۱-آماده سازی وآنالیز نمونه ها ۳٦
٦-۱-تحلیل دقت آنالیز ژئوشیمیایی ۳۷

فصل دوم:پردازش داده ها ٤٤

١-٢-مقدمه ٤٤

٢-٢-فایل بندی داده های خام ٤٥

٣-٢-داده های سنسورد ونحوه جایگزینی آنها ٤٥

٤-٢-مطالعات آماری تک متغیره ٤٩

مقدمه ٤٩

١-٤-٢-محاسبه پارامترهای آماری ورسم منحنی های هیستوگرام وتجمعی داده های خام ٥٠

٢-٤-٢-جدایش مقادیر خارج از رده ٥٨

٣-٤-٢-نرمال کردن داده ها ٦٤

٤-٤-٢-تعیین آماری مقادیر زمینه ،حدآستانه ای وناهنجاری بر اساس روش X+Ns ٧٠

٥-٤-٢-شرح ماتریس همبستگی ٧٢

٥-٢-بررسی های آماری چند متغیره ٧٥

مقدمه ٧٥

١-٥-٢-مقادیر خارج از رده جند متغیره ٧٧

٢-٥-٢-شناسایی مقادیر خارج از رده چند متغیره ٧٩

٣-٥-٢-تجزیه و تحلیل خوشه ای(Cluster Analysis) ٨٢

٤-٥-٢-تجزیه عاملی(Factor Analysis) ٨٩

فصل سوم:تکنیک رسم نقشه ها وشرح ناهنجاری های ژئوشیمیایی ١٠٤

۱-۳-تکنیک رسم نقشه ها ۱۰۵

۲-۳-شرح نقشه های ناهنجاری ژئوشیمیایی ۱۱۰

بخش سوم:نتیجه گیری وپیشنهادات ۱٤٤

منابع ومآخذ ۱٤٦

ضمیمه۱:نتایج تجزیه نمونه های ژئوشیمیایی بروشICP بهمراه مختصات UTM آنها ۱٤۸

ضمیمه۲:هیستوگرام ها،نمودارهای خط نرمال و بدون روند داده های خام ۱٦٦

ضمیمه۳:هیستوگرام ها،نمودارهای خط نرمال ونرمال بدون روند داده های نرمال با Outlier ۱۷٤

ضمیمه٤:هیستوگرام ها،نمودارهای خط نرمال ونرمال بدون روند داده های نرمال بدون Outlier ۱۸۲

ضمیمه۵:مقادیر امتیازات عوامل فاکتوری ونمونه های ناهنجار همراه مقادیر آنها ۱۹۰

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱-موقعیت جغرافیایی وبرگه های ۱:۵۰۰۰۰ ۵

شکل ۲-۱-نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اسفوردی بهمراه راهنمای آن ۲۷

شکل ۳-۱-نمودار ستونی خطای آزمایشگاهی ٤۳

شکل ۱-۲-هیستوگرام ونمودارهای خط نرمال ونمودارهای بدون روند
داده های خام عناصر بور،لیتیوم واکسید منگنز ۵۵

شکل ۲-۲-نمودار جعبه ای عناصر برای شناسایی مقادیر خارج از رده ٦۰

شکل ۳-۲ ،٤-۲ و۵-۲-هیستوگرام داده های نرمال شده عناصر بدون
مقادیر خارج از رده ٦۷و٦۸و٦۹

شکل ٦-۲-شناسایی مقادیر خارج از رده چند متغیره براساس فاصله
ماهالونوبیس با ترسیم منحنی های P-P ۸۱

شکل ۷-۲-ساختار درختی عناصر در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ اسفوردی ۸۷

شکل ۸-۲-منحنی صخره ای جهت تعیین تعداد مولفه ها ۹٤

شکل۹-۲و۱۰-۲-نمودارهای دو بعدی عوامل نسبت به یکدیگر ۱۰۰

شکل۱۱-۲و۱۲-۲-نمودارهای دو بعدی عوامل نسبت به یکدیگر ۱۰۱

شکل۱۳-۲و۱٤-۲-نمودارهای دو بعدی عوامل نسبت به یکدیگر ۱۰۲

شکل ۱۵-۲-نمایش گرافیکی مقایسه مقادیر امتیازات ۱۰۳

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱-نتایج جفت نمونه های تکراری در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ اسفوردی ۳۹

جدول ۲-۱-محاسبه خطای نسبی در نمونه های تکراری ٤١

جدول ۱-۲-عناصر حاوی مقادیر سنسورد،مقادیر جایگزینی آنها ٤٨

جدول ۲-۲-پارامترهای آماری داده های خام ٥١

جدول۳-۲-نمونه های خارج از رده مثبت ٦٢

جدول ٤-۲-نمونه های خارج از رده منفی ٦٣

جدول ٥-۲-نمونه های خارج از رده نهایی ٦٣

جدول ٦-۲-پارامترهای آماری داده های نرمال بدون مقادیر خارج از رده ٦٥

جدول۷-۲-پارامترهای آماری داده های نرمال(تمامی داده ها) ۷۱

جدول ۸-۲-ماتریس همبستگی وسطح معنی داری ضریب همبستگی ۷۳

جدول ۹-۲-مقادیر خارج از رده چند متغیره ۸۰

جدول ۱۰-۲-واریانس کل ومیزان مشارکت مولفه ها ۹۲

جدول ۱۱-۲-مولفه های خام وچرخش یافته ۹۷

جدول ۱۲-۲-مقادیر امتیاز مولفه ها ۱۰۳

فهرست عکسها

عنوان	صفحه
عکس ۱-۱-دورنمایی از معدن آهن سه چاهون	۲۲
عکس۲-۱-دورنمای معدن سرب و روی کوشک	۲۳
عکس۳-۱-معدن منگنز ناریگان	۲٤
عکس٤-۱-دورنمای منطقه عمومی و معدن آپاتیت اسفوردی	۲۵

فهرست نقشه ها

نقشه شماره ۱:نقشه ناهنجاری اکسید آهن

نقشه شماره ۲:نقشه ناهنجاری اکسید منگنز

قشه شماره ۳:نقشه ناهنجاری اکسید فسفر

نقشه شماره ٤:نقشه ناهنجاری اکسید تیتان

نقشه شماره ٥:نقشه ناهنجاری عنصر بر

نقشه شماره ٦:نقشه ناهنجاری عنصر باریم

نقشه شماره ۷:نقشه ناهنجاری عنصر کبالت

نقشه شماره ۸:نقشه ناهنجاری عنصر کروم

نقشه شماره ۹:نقشه ناهنجاری عنصر مس

نقشه شماره ۱۰:نقشه ناهنجاری عنصر لیتیوم

نقشه شماره ۱۱:نقشه ناهنجاری عنصر نیکل

نقشه شماره ۱۲:نقشه ناهنجاری عنصر روی

نقشه شماره ۱۳:نقشه نمونه برداری برگه ۱۰۰۰۰۰:۱ اسفوردی

نقشه شماره ١٤:نقشه ناهنجاری فاکتور اول(Al2O3,B,Be,Cu)

نقشه شماره ١٥:نقشه ناهنجاری فاکتور دوم(MnO,Ba,P2O5)

نقشه شماره ١٦:نقشه ناهنجاری فاکتور سوم(Co,Li,Ni,Zn)

نقشه شماره ۱۷:نقشه ناهنجاری فاکتور چهارم(Fe2O3,TiO2)

مقدمه:

با تصویب طرح اکتشافات ژئوشیمیایی سرتاسری ایران، در مقیاس نقشه های ۱:۱۰۰،۰۰۰ که بعنوان یکی از شاخص ترین لایه های اطلاعاتی در تعیین و معرفی نواحی امیدبخش معدنی نقشی ویژه و ارزنده را ایفا می نماید، برداشت نقشه های ژئوشیمیایی در مقیاس ۱:۱۰۰،۰۰۰ در دستور کار گروه اکتشافات ژئوشیمیایی سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور قرار گرفت.

ترتیب و اولویت در برداشت نقشه های ژئوشیمیایی در بدو امر قرار،گرفتن در زونهای بیست گانه تصویب شده در شورایعالی اکتشاف ودیگری وجود نقشه های زمین شناسی هم مقیاس بعنوان پایه و اساس لایه های اطلاعاتی بوده است ، که نبود لایه اطلاعاتی زمین شناسی هم مقیاس در اغلب موارد بعنوان یکی از چالشهای اجرایی، بویژه درطراحی وبرنامه ریزی شبکه نمونه برداری محسوب می شده است.

ایران زمین با گستره ای به تقریب برابربا ۱:۶۵۰،۰۰۰ کیلومتر مربع به تحقیق یکی از بیست کشور پهناور جهان بشمار می رود. به تبع این گستره خاکی - آبی ، تنوع رخساره های سنگی گوناگون ، فعالیت ماگماتیسم، کوهزایی های جوان و به تبع این دوپدیده اخیر، زمین ساخت جالب توجه همراه با سیستمهای شکستگی گسترده که خود میتواند خاستگاه جالب توجهی در جهت جذب ونگهداری زایش عناصر و کانیهای اقتصادی گوناگون بشمار آید.

گسترش آبرفتهای قدیم و جدید، مخروط افکنه ها، دشت های سیلابی، تراستهای رودخانه ای و ... خود می توانند به عنوان محلهای مناسبی جهت کشف کانسارهای پلاسری مورد نگرش ویژه قرار گیرند. ناحیه ایران مرکزی بدلیل حضور

گسترش پارامترهای یادشده بعنوان یکی از نواحی اولویت دارنواحی بیست گانه اکتشافی توسط شورایعالی اکتشاف معرفی شده است. بدون هیچ تردیدی وجود دهها اثر معدنی کوچک و بزرگ دراین ناحیه از پهنه ایران زمین جلوه و جایگاه ویژه ای به شاخه معدن و دوزیر شاخه اکتشاف و استخراج بخشیده است.

وجود معادن گسترده و فعالی همچون سنگ آهن چغارت ، آهن چادر ملو ، آهن سه چاهون ، سرب و روی کوشک، آپاتیت اسفوردی، سرب و روی مهدی آباد ، اورانیم- دورخ دره ،اورانیم ناریگان، طلای زرین و دیگر اثرات معدنی کوچک وبزرگ و آثار معدنکاری شدادی دراین بخش ازپهنه ایران، الویت اکتشاف و شناخت نواحی امیدبخش معدنی را بیش از پیش الزامی نموده است.

تهیه نقشه ژئوشیمیایی در مقیاسهای ۱:۱۰۰،۰۰۰ بعنوان روشی شناخته شده در معرفی نواحی امیدبخش معدنی می تواند چهره جدید از نوع و انتشار کانسارهای اقتصادی را در این ناحیه و سایر نواحی به نمایش گذارد. محورهای اکتشافی ساغند – پشت بادام و بافق بیابانک بخشهایی از ناحیه ایران مرکزی محسوب شده که ورقه های بافق و اسفوردی بدلیل تنوع رخساره های سنگی و حضور معادن بزرگی همچون ، سنگ آهن چغارت ، مجتمع معدنی چادر ملو، سرب و روی کوشک، آپاتیت اسفوردی ، ... و بدلیل قرار گرفتن در نواحی اولویت دار اکتشافی در دستور کار ریاست سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور قرار گرفت. پیرو این دستور کار گروه اکتشافات ژئوشیمیایی متشکل از تعدادی از کارشناسان و کاردانها و تکنسینهای این بخش اکتشافی طی حکم شماره ۶۹-۱۰۰ مورخ ۱۳۷۸/۱/۷ و به مدت ۳۰ روز ،در فروردین ماه سال ۱۳۷۸ به سرپرستی محمود رضا علوی نائینی جهت برداشت در

ورقه فوق به ناحیه عزیمت و کار برداشت این دو ورقه را از کمپ مرکزی واقع در آهن شهر بافق آغاز نمود.

گزارش حاضر تحت عنوان (اکتشافات ژئوشیمیایی در ورقه ۱:۱۰۰،۰۰۰ اسفوردی) جهت استفاده علاقه مندان، ارائه می گردد. امید است که استفاده کنندگان ، بویژه متولیان امور اکتشاف کاستی ها را گوشزد و تهیه کنندگان را به ادامه این کار ترغیب و تشویق نمایند.

((با آرزوی توفیقات الهی، سلامتی و طول عمر برای دلسوختگان این آب وخاک))

بخش اول

کلیات

۱-۱-موقعیت جغرافیایی ناحیه مورد مطالعه

ناحیه مورد بررسی که محدوده آن بوسیله برگه شماره ۷۱۵۳ نشان داده شده است در استان یزد و در فاصله ۱۳۰ کیلومتری خاور شهرستان یزد و ۲۰ کیلومتری خاور شهر بافق قراردارد.

بخش خاوری و شمال خاوری ناحیه مرتفع (کوه دوهه با ارتفاع ۲۹۹۷ متر از سطح دریا) و بخش باختری و جنوب باختری آن که به دشت بافق پایان می یابد پست و کمترین ارتفاع آن در حدود ۱۰۵ متر از سطح دریاست.

راه بافق- کوشک – بهاباد عرض این محدوده را می پیماید. جاده بافق – شیطور نیز از نیمه های باختری منطقه به سمت جنوب خاوری کشیده شده است. شبکه ای از راههای اتومبیل رو در بخش خاوری و جنوب خاوری منطقه وجود دارد که به کمک آنها می توان به بیشتر برونزدها دسترسی پیدا کرد.

این منطقه با وسعتی در حدود ۲۵۰۰ کیلومتر مربع در طولهای جغرافیایی ′۰و °۵۶ ـ′۳۰و °۵۵ و عرضهای جغرافیایی′۰ و °۳۲ ـ′۳۰ و °۳۱قرار گرفته است. موقعیت ناحیه مورد مطالعه در شکل ۱-۱ نشان داده شده است.

۱-۲- آب و هوا و پراکندگی جمعیت ناحیه مورد مطالعه

منطقه مذکور دارای آب و هوای گرم و نیمه خشک بوده و میزان بارندگی بویژه در بخش خاوری آن به چند سانتی متر در سال می رسد که در فصول زمستان و بهار به صورت نزول برف و باران می باشد.

آبرفتهای موجود در دامنه کوهها بوسیله کانالهای نسبتاً ژرفی بریده شده اند. این کانالها در همه مواقع سال به جز مواقع بارندگی و آب شدن برفها خشک می باشد.

تنها در باریکه هایی از آبرفتهای موجود در دو سمت برخی رودخانه ها و کنار روستاها کشاورزی صورت می گیرد تمرکز جمعیت در بخش خاوری و جنوب خاوری بیشتر است و آب آشامیدنی آنها از چشمه ها، چاهها و کاریز های موجود در منطقه تامین می گردد.

۳-۱ چینه شناسی

۱-۳-۱- پرکامبرین بالایی

سری هم ارز مراد

کهن ترین نهشته هایی که در این محدوده برونزد دارند، ردیفی از ماسه سنگهای کوارتزی و شیلهای سیلتی است که عدسیهایی از آهکهای سیاهرنگ بلورین نازک لایه به ضخامت ۲۰ تا ۳۰ متر و چند لایه سیلکس سیاهرنگ در میان آنها قرار دارد. رنگ هوازده این رسوبات عمدتاً سبز تیره است. وابستگی این نهشته ها با رسوبات جوانتر بصورت ناپیوستگی زاویه دار است. این ناهمسازی در چند جا از جمله در ۱۲ کیلومتری باختر و جنوب باختری روستای کوشک دیده می شود. رسوبات یاد شده از نظر رخساره با سازند مراد (هوکریده-۱۹٦۲) قابل قیاس نیست ولی از نظر موقعیت چینه ای هم ارز آن است.

سری رحمت آباد

این سری که به طور گسترده در شمال خاوری منطقه میان روستاهای فرک و رحمت آباد برونزد دارد از سه بخش زیر تشکیل شده است.

دولومیت های قهوه ای تیره رنگی که به وسیله دایکهای دیابازی و استوکهای گابرویی قطع شده است. این بخش بتدریج بوسیله بخش دو پوشیده می شود.

این بخش از دولومیت ضخیم لایه چرت دار با میان لایه هایی از شیل ارغوانی تشکیل شده است که ضخامت این قسمت حدود ۲۰۰ متر برآورد می شود.

از شیل و ماسه سنگهای ارغوانی رنگ تشکیل شده که ضخامت آن در حدود ۲۵۰ متر می باشد.

۲-۳-۱- پرکامبرین بالایی – کامبرین زیرین (اینفراکامبرین)

رسوبات متعلق به پرکامبرین بالایی – کامبرین زیرین با چند متر ماسه سنگ بر روی رسوبات کهن تر با ناهمسازی زاویه دار قرار گرفته و از دو بخش زیرین و بالایی تشکیل شده است:

بخش زیرین شامل دولومیت، آهک، شیل و ماسه سنگ، گدازه حد واسط تا بازیک، گدازه های اسیدی، توفهای اسیدی. شیلهای آهکی، شیل و ماسه سنگ می باشد. در باختر منطقه این واحدهای سنگی تفکیک پذیر نبوده و رویهمرفته همچون یک واحد در نقشه نمایش داده شده است. در این واحد یک پاره دولومیتی چرت دار خرد شده نیز تفکیک گردیده است.

بخش بالایی بیشتر کربناتی بوده و کم و بیش قابل مقایسه با سازند سلطانیه است. این رسوبات از دولومیت تا دولومیت آهکی، آهک دولومیتی و آهکهای ضخیم لایه تشکیل شده اند. در باختر منطقه روی این بخش ضخامتی از گدازه آندزیتی قرار دارد.

ـ سازند باروت

مرز زیرین این سازند تقریباً در هیچ جا به صورت عادی دیده نمی شود و بیشتر گسلیده و به هم خورده است. لیتولوژی این سازند شامل شیل سیلتی قرمز و بنفش و ماسه سنگ می باشد. لایه های نازکی از دولومیت تا آهک نیز بصورت میان لایه هایی همراه با این رسوبات دیده می شود.

ـ سازند زاگون ـ لالون

این رسوبات شامل نهشته های آواری است که بیشتر در شمال خاوری منطقه برونزد دارد. این سازند بیشتر از ماسه سنگ قرمز تا بنفش تشکیل شده ولی در بخش زیرین آن شیلهای سیلتی و ماسه سنگهای نازک لایه میکادار نیز وجود دارد که در مقیاس نقشه قابل تفکیک نبوده و همچون یک واحد نشان داده شده اند. این رسوبات در خاور روستای باهمو واقع در خاور منطقه با یک پایه کنگلومرایی به ضخامت نزدیک به یک متر بصورت ناهمساز بر روی دولومیت های هم ارز سازند سلطانیه قرار می گیرند. در نیمه بـالایی این رسوبـات چند لایه کنگلومرا بصورت میـان لایه دیده می شود. که از ویژگیهای آنها، فراوانی قلوه های سیلکس سیاهرنگ است.

۳ـ۳ـ۱ـ کامبرین میانی ـ بالایی

ـ کوارتزیت بالایی

بر روی ماسه سنگهای لالون ضخامتی در حدود ۲۰ تا ۲۵ متر ماسه سنگ سفید رنگ کوارتزی نسبتاً درشت دانه قرار گرفته است. در بخش زیرین این واحد چند لایه کنگلومرایی دیده می شود که اجزاء سازنده آن از سیلکس های سیاهرنگ است.

ـ سازند میلا

رسوبات شناخته شده کامبرین میانی ـ بالایی در برونزدهای چندی از جمله در شمال روستای نگین گون، کوه سه گوش و در خاور درهٔ جلال آباد واقع در خاور منطقه دیده می شود. این رسوبات بیشتر شامل آهک، دولومیت، سیلت و ماسه سنگ های ارغوانی و سبز است. و در آنها فسیل تریلوبیت، هیولیتید و استروماتولیت یافت می گردد. در شمال خاوری شیطور واقع در بخش جنوبی منطقه، این سازند از دولومیت های ضخیم لایه تا توده ای و استروماتولیت دار تشکیل شده است.

٤ـ۳ـ۱ـ اوردویسین

نهشته های اوردویسین در باختر روستای نگین گون با ضخامتی در حدود ۳۰ متر برونزد دارد. این رسوبات از آهک های دانه ریز صورتی رنگ در پایین شیلهای سیلتی میکادار متمایل به سبز در بالا تشکیل شده است. در اینجا این رسوبات مستقیماً بر روی سازند میلا و در زیر نهشته های سیلورین قرار می گیرند.

۵ـ۳ـ۱ـ سیلورین

در شمال روستای نگین گون رسوبات سیلورین در حدود ۱۵۰ متر ضخامت داشته و از پایین به بالا شامل گدازه های آندزیتی، توف آندزیتی، آهک های دولومیتی تا دولومیت، کوارتزیت، ماسه سنگ، شیل و آهک می باشد.

٦ـ۳ـ۱ـ دونین

رسوبات دوره دونین بیشتر در شمال خاوری منطقه برونزد دارند. این رسوبات شامل سه بخش زیر است:

بخش زیرین: این بخش با ٦٦ متر ضخامت بیشتر از نهشته های کربناتی تشکیل شده و پی آن با گسله قطع گردیده است.

بخش میانی: نهشته های این بخش بطور کلی آواری بوده و شامل ماسه سنگ کوارتزی، شیل با میان لایه هایی از دولومیت و آهک است. ضخامت این بخش در حدود ۷۰ متر می باشد.

بخش بالایی: رسوبات این بخش آهکی بوده و در حدود ۱۷۰ متر ضخامت دارد.

۷ـ۳ـ۱ـ پرمین

در باختر کوه سه گوش واقع در شمال منطقه و همچنین در جنوب روستای شیطور واقع در جنوب شرقی آن، نهشته های پرمین برونزد دارند. در شمال، این رسوبات بیشتر از کربنات با میان لایه هایی از شیل و ماسه سنگ می باشند. ولی این رسوبات در معرض دید قرار نگرفته و مرز بالای آن که شیلی است با نهشته های تریاس بطور ناهمساز پوشیده می شوند. ضخامت این رسوبات ۷۰ متر برآورد شده است.

۸ـ۳ـ۱ـ تریاس

نهشته های زمان تریاس را از پایین به بالا می توان به سه بخش تقسیم نمود:

ـ بخش شیلی و ماسه سنگی ارغوانی که ضخامت این واحد از چند ده متر تا حدود صد متر متغیر می باشد، این بخش از نظر موقعیت چینه ای قابل قیاس با سازند سرخ شیلی می باشد ولی از نظر سنی ممکن است بخشی از پرمین بالایی را نیز شامل باشد.

ـ بخش کربناتی: رسوبات این بخش با یک پی کنگلومرایی روی بخش شیلی ماسه سنگی بصورت ناهمساز قرار می گیرد. قسمت زیرین آن از لایه های نازک آهک و مارن و قسمت بالایی آن بیشتر از چینه های دولومیت تشکیل شده است. این بخش با سازند شتری در شرق ایران قابل مقایسه می باشد.

بخش بالایی: رسوبات این بخش شامل مجموعه ای از شیل، ماسه سنگ، آهک و گچ می باشد که مستقیماً بر روی بخش کربناته قرار می گیرد. و از نظر جایگاه چینه ای و همانندی سنگ شناسی با سازند نایبند مقایسه می شود.

۹ـ۳ـ۱ـ ژوراسیک

رسوبات آواری زمان ژوراسیک در گوشه شمال خاوری و در مرکز محدوده این برگه برونزد دارند. این رسوبات بیشتر از شیلهای میکادار و ماسه سنگ های کوارتزی و گهگاه از شیلهای سیاه رنگ زغال دار تشکیل شده اند، این رسوبات هم ارز سازند شمشک می باشند.

۱۰ـ۳ـ۱ـ کرتاسه

ـ کرتاسه پایین

این سنگها معمولاً با پایه کنگلومرایی بوده و بطور ناهمساز زاویه ای بر روی رسوبات کهن تر قرار می گیرند. برش نسبتاً کاملی از این رسوبات در جایی به نام تلخاب واقع در باختر محدوده برونزد دارد که از قدیم به جدید از بخشهای زیر تشکیل شده است:

بخش آواری که با چند متر کنگلومرا آغاز شده و بسوی بالا به ماسه سنگ تبدیل می گردد.

بخش مارنی که ۵۰ تا ٦۰ متر ضخامت دارد و شامل مارنهای خاکستری تا متمایل به سبز با میان لایه هایی از ماسه سنگ، آهک نازک لایه می باشد. در برخی از برونزدهای این بخش عدسیهایی از ژیپس دیده می شود.

بخش آهکی از آهک های نازک تا نسبتاً ضخیم لایهٔ خاکستری رنگ تشکیل شده و حدود ٤۰ تا ۵۰ متر ضخامت دارد.

ـ کرتاسه بالایی

رسوبات کرتاسه بالا نیز در همان جا برونزد داشته و با لایه های از کنگلومرا بضخامت تقریبی ۲۵ متر بطور ناهمساز ولی هم شیب بر روی آهکهای کرتاسه زیرین قرار می گیرند. این رسوبات شامل آهکهای نازک تا نسبتاً ضخیم لایه ای هستند که در سطح هوازده اغلب صورتی رنگ می باشند.

۱۱ـ۳ـ۱ـ پالئوسن

رسوبات این دوره در جنوب دهانهٔ بافق، در شمال روستای باهمو و نیز در کوه سرخ واقع در شمال منطقه برونزد دارند. این رسوبات بیشتر، از لایه های نسبتاً ضخیم کنگلومرایی تشکیل شده اند و بطور فرعی دارای لایه هایی از ماسه سنگ نیز می باشد. در جنوب دهانه بافق، چینه های یاد شده بطور ناهمساز بر روی آهکهای کرتاسه بالا جای گرفته اند.

۱۲ـ۳ـ۱ـ نئوژن

رسوبات نئوژن بطور گسترده در شمال و شمال باختری منطقه برونزد دارند. این نهشته ها از نوع مولاس و شامل مارن و کنگلومرا می باشد، مارنها در سطح هوا زده، اغلب به رنگهای بنفش، قرمز، سبز و خاکستری دیده می شوند. در این مارنها لایه هایی از ماسه سنگ، عدسیهایی از ژیپس لایه هایی از آهک نیز وجود دارند. این رسوبات کاملاً چین خورده و تاقدیس و ناودیسهایی را پدید آورده اند.

۱۳ـ۳ـ۱ـ پلیو پلیستوسن

در بخش مرکزی محدوده در خاور و جنوب خاوری معدن کوشک برونزد نسبتاً پهناوری از نهشته های کنگلومرایی سخت نشده دیده می شود که در حدود ۱۰ درجه شیب تکتونیکی دارند.

۱٤ـ۳ـ۱ـ کواترنر

رسوبات کواترنر شامل آبرفتها و تپه های ماسه ای است، که شامل واحدهای زیر است:

ـ آبرفتهای کهن: این واحد از نظر ریخت شناسی بیشتر مخروط افکنه های بلند و نسبتاً کم پهنه ای را تشکیل می دهند که از پای کوهها به سمت دشتها گسترده شده و بوسیله سیستم تازه ای از آبراهه ها شکافته شده اند.

ـ آبرفتهای جوان: این رسوبات اغلب مخروط افکنه های پهن و کم ارتفاع و نیز دشتها و جلگه هارا تشکیل می دهند. از انباشته شدن آبرفتهای جوان ریز دانه در حد سیلت در شمال خاوری محدوده یک کفه رسی ایجاد شده است. همچنین آبرفتهای زمان کنونی که در آبراهه ها فراهم آمده و با هر سیلاب تغییر جا می دهند.

ـ تپه های ماسه ای: در جنوب باختری منطقه، تپه های ماسه ای در پهنه کم وسعتی پدید آمده اند.

٤ـ۱ سنگهای دگرگونی

دو سری سنگ دگرگونه در این ناحیه تشخیص داده شده است که عبارتند از:

۱ـ٤ـ۱ـ سری ندن

سری ندن دارای برونزد کم گسترشی است که در فاصله روستاهای ندن و دورند واقع در خاور شمال خاوری منطقه قرار دارد. این سری از مسکویت، تالک شیست، میکاشیست، کربنات شیست و مرمر تشکیل شده است. همبری این سنگها با رسوبات زیرین گسیلده بوده و سن دقیق آنها مشخص نیست.

۲ـ٤ـ۱ـ سری میشدوان

سنگهای این سری در باختر منطقه و در جایی به نام دشت میشدوان برونزد دارند، این سنگها از کهن به جدید عبارتند از:

میکاشیست، گنیس ها، کالک شیست ها، مرمرها و دولومیت های دگرگون شده می باشند. میکاشیست ها بیشتر دارای بلورهای بیوتیت ، موسکویت، گارنت و کوارتز و بندرت کانیهای استروئید، اسفن، کیانیت و کلریتوئید می باشند. مرمرها و دولومیت های دگرگون شده ستبر لایه، بخش عمده این سری دگرگونه را تشکیل می دهند. در آهکهای مرمری شده فسیلهای دوکفه ای یافت شده که سن آنها را دونین بالایی تخمین می زنند.

۵ـ۱ سنگهای نفوذی

توده های چندی از سنگهای نفوذی با اندازه و ترکیب متفاوت از گرانیت تا گابرو در منطقه جای گرفته اند که عبارتند از:

ـ گرانیت زریگان

بنا به نوشته حقی پور (۱۹۷٤)، گرانیت زریگان، گرانیتی ساب ولکانیک به رنگ خیلی روشن است و توده وسیعی را در کوه پشت سرخ و در کوههای غرب دهکدهٔ زریگان (ایران مرکزی) تشکیل می دهد. در کوه پشت سرخ، مایون و تاشک گرانیت مزبور، دیوریتهای پرکامبرین را قطع می کند و در کوه زریگان علاوه بر دیوریت های پرکامبرین در داخل ولکانیک ها و دولومیت های انیفرا کامبرین نیز نفوذ کرده است.

در کوه ساغند و نواحی شمالی آن، سنگهایی نظیر گرانیت زریگان یافت می شود که تا اندازه ای جهت دار و دگرگون شده (بر اثر فاز ترياس میانی) است و کمابیش با متاولکانیت های پرکامبرین در هم آمیخته است. در شمال چغارت و نزدیکی کوشک، این گرانیت توده های کم وبیش مهمی را تشکیل می دهد که ویژگی آتشفشانی آنها بیشتر بوده و با ولکانیکهای انیفرا کامبرین همراه است. در شمال کوه زریگان، دولومیت های اینفراکامبرین جدیدترین سنگهایی است که مورد نفوذ و تهاجم این گرانیت قرار گرفته اند.

اگرچه در بسیاری از مناطق ایران حد بین رخساره های پلاتفرمی اینفراکامبرین و ماسه سنگ لالون تدریجی است ولی در شمال غرب کرمان و ناحیه زریگان بین آنها دگرشیبی وجود داشته که حقی پور (۱۹۸۱) به آن حرکات زریگانین اطلاق کرده و آنرا معادل آسینتیک می داند. از نظر سنی گرانیت زریگان معرف مرز اینفراکامبرین با کامبرین است.

ـ گرانیت نریگان

گرانیت پورفیری نریگان، گرانیت دانه متوسط بیوتیت داری است که سنگهای دگرگون شدهٔ پرکامبرین ناحیه ساغند را قطع کرده است. رنگ آن صورتی و در حاشیه به گرانیت پورفیری تا کوارتز پورفیری تبدیل شده است. بعلاوه در تماس خود با سنگهای رسوبی سری ریزو، دگرگونی مجاورتی بوجود آورده است (هوکریده و دیگران، ۱۹٦۲ و بربریان، ۱۹۸۱). به این ترتیب این گرانیت به اواخر اینفراکامبرین تعلق دارد. این گرانیت از نوع آلکالن و از نظر پیدایش با ریولیت های ناحیه کرمان و بافق در ارتباط است.

ـ گرانیت بهاباد

این گرانیت توده نسبتاً بزرگی است که در خاور منطقه نمایان است. از بررسی های میکروسکوپی و مشاهدات صحرایی می توان چنین انگاشت که این توده نفوذی، نیمه ژرف اسید لوکوکرات بوده و ترکیب کانی شناسی و تغییرات بافتی آن از حد یک گرانیت (گرانیت پورفیری) تا ریولیت تغییر می کند.

ـ گرانیت چشمه فیروزی

توده نسبتاً کوچکی از گرانیت آلکالن می باشد که سطح هوازده آن معمولاً کمی تیره رنگ بوده و کانیهای تشکیل دهنده آن به ترتیب فراوانی شامل: پلاژیوکلازسدیک، فلدسپات آلکالن، آمفیبیول نوع سدیک و کوارتز می باشد.

ـ سینیت

توده نسبتاً کوچکی از سنگهای سینیتی تا سینیتی کوارتزدار در شمال معدن اسفوردی واقع در میانه باختری منطقه جای دارد. یک ویژگی این توده، فراوانی فلدسپات آلکالن (ارتوز) می باشد که به آن رنگ صورتی تا گوشتی داده است. این توده ها از نظر سنی پرکامبرین تشخیص داده شده اند.

ـ دیوریت

برونزدهایی از این سنگها که به اشکال استوک، سیل و یا دایک در منطقه جای گرفته اند، دیده می شود. توده کوچکی از این سنگ در نیمه خاوری منطقه برونزد دارد که کانیهای اصلی آن پلاژیوکلاز، آمفیبول و بیوتیت می باشد. سنگهای مذکور از نظر سنی به پرکامبرین نسبت داده شده اند.

ـ گابرو ـ دیوریتیک گابرو

این سنگها اغلب به شکل استوک و سیل جای گرفته، سنگهای یاد شده دارای بافت میان دانه ای بوده و نزدیک ٦٠ درصد حجم سنگ را پلاژیوکلاز (آندزین ـ لابرادور) تشکیل داده است. پیروکسن، آمفیبول و بیوتیت نیز از کانیهای سازنده این سنگها می باشند. سنگهای گابرو ـ دیوریتیک گابرو از نظر سنی پرکامبرین می باشند.

٦ـ١ـ تکتونیک

وجود یک ناپیوستگی زاویه ای در زیر رسوبات پرکامبرین ـ کامبرین زیرین نشان دهنده رویداد کوهزایی پیش از پرکامبرین بالایی است که کهنترین جنبشهای گزارش شده در منطقه می باشد. این جنبشها را می توان با فاز آسینتیک مقایسه نمود. رسوبات کربونیفر را می توان به سبب خشکی زایی دانست که در این زمان روی داده است. وجود نهشته های پرمین میانی تا بالایی خود نشانی از پیشروی دوباره دریا در اواخر پالئوزوئیک می باشد.

در اویل دوران دوم، منطقه دستخوش ناآرامیهای تکتونیکی شده و به همین سبب رسوبات تریاس میانی ـ بالایی با یک پی کنگلومرایی بر روی نهشته های کهن تر قرار گرفته است. این جنبشها با فاز کیمرین پیشین در خور مقایسه است. جای گرفتن رسوبات کرتاسه پایین با میانجی کنگلومرایی بر روی سنگهای کهن تر دلیلی بر روی دادن جنبشهای کوهزایی در اواخر ژوراسیک ـ اوایل کرتاسه است،این فاز را می توان هم ارز کیمرین پسین محسوب نمود. دریا در اواخر مزوزوئیک شروع به پسروی نموده و چینه های بستر کنگلومرایی بجای می گذارد. این نیز می تواند پیامد فاز

لارامین باشد. علت بجا ماندن رسوبات نئوژن بر روی نهشته های کهن تر و نیز چین خورده بودن آنها نیز جنبشهای کوهزایی آلپین میانی است. جنبشهای آلپین پسین نیز سبب کج شدگی رسوبات پلیوپلیستوسن شده است.

۷ـ۱ـ ذخایر معدنی چهارگوش اسفوردی

منطقه مورد بررسی از نظر وجود نهشته های معدنی آهن، آپاتیت، سرب و روی، منگنز، گچ و آهک دارای اهمیت می باشد. دربارهٔ نحوهٔ تشکیل کانسارهای ناحیه، نظریات متفاوتی توسط محققان ارائه شده است، بطوریکه آقای حقی پور (۱۹۷٤) آنها را به دگرگونی و متاسوماتیسم استاتیک مربوط می داند. دگرگونی و متاسوماتیسم مذکور بنظر پس از ولکانیسم اینفراکامبرین و تشکیل گرانیت ساب ولکان زریگان دنبال شده و قبل از نهشت ماسه سنگ های کامبرین لالون متوقف می گردد. این متاسوماتیسم سدیم سبب آلبیتی شدن (اسپلیت ـ کراتوفیر)، اسکاپلیتینراسیون (علاوه بر اسکاپولیت های اولیه) و تشکیل نهشته های معدنی آهن شده که نهشت آنها در زون های گسلی بزرگ با جهت N-S، بویژه در نواحی که سنگهای آذرین بازیک تا حد واسط پرکامبرین، ولکانیکهای اینفراکامبرین و گرانیت ساب ولکان زریگان وجود دارد، صورت گرفته است.تیپ نهشته های آهن کیروناست و حاصل فرایند تفریق ماگمایی نمی باشد، اما با تفریق دگرگونی و موبلیتیزاسیون در طول دگرگونی که بویژه سنگهای آذرین پرکامبرین را تحت تأثیر قرار داده، در ارتباطند. حقی پور برای تشکیل نهشته ها، آهن و ارتباط آنها با آلبیتیزاسیون و اسکاپولیتیزاسیون در طول دگرگونی، و همچنین با پدیده های زمین ساختی مدلی را ارائه داده اند و معتقدند که موبیلیتیزاسیون مجدد نهشته های آهن در امتداد گسلهای دوباره فعال شده با جهت N–S در طول

فعالیتهای تکتونیکی بعدی «بویژه زمان تریاس پسین» نیز بایستی مورد توجه قرار گیرد. دگرگونی استاتیک که نهایتاً با فرایندهای پنوماتولیتی ـ هیدروترمال دنبال می شود در تشکیل نهشته های دیگر (سرب، روی، آلونیت و غیره) موثر بوده اند. این فاز دگرسانی اینفراکامبرین پسین با ویژگی و سنگهای خاص خودش از قبیل گرانیت سدیک، سنگهای آلبیتیز و اسکاپولیتیزه و نهشته های آهن، بنظر بطور وسیع در ایران و در برخی کشورهای دیگر رخ داده است. آقایان درویش زاده و باباخانی کانسارهای آهن ـ آپاتیت منطقه را به ماگمای مافیکی آلکالن با روند کربناتیتی نسبت می دهند، که این ماگما در طی روند تفریق متحمل پدیده ناآمیختگی مایعات شده و بدین ترتیب بخشهای غنی از فسفر ـ آهن و سیلیس از آن حادث گردیده است.

ـ آهن

کانسنگ آهن به شکل توده ای، عدسی و لایه ای در نهشته های پرکامبرین بالایی، کامبرین زیرین تشکیل شده و کانه های اصلی سازنده آن مگنتیت، ایلمنیت، هماتیت و به مقدار کم پیریت می باشد. آپاتیت بصورت گانگ به مقدار نسبتاً زیاد در این کانسنگ وجود دارد. کانسنگهای آهن اسفوردی، لکه سیاه، میشدوان و ناریگان و سه چاهون از مهمترین نمادهای این کانسار در ناحیه می باشند. حقی پور این کانسارها را به متاسوماتیسمی نسبت می دهد که در مجموعه های ولکانیکی ـ رسوبی اثر کرده و این متاسوماتیسم را ماگمای گرانیتی بعهده داشته است.عکس شماره ۱-۱ نمایی از معدن سه چاهون را نشان می دهد.

عکس ۱-۱- دور نمائی از معدن آهن سه چاهون

ـ سرب و روی

کانی زایی سرب و روی همزمان با ته نشست شیلهای سیاهرنگ متعلق به پرکامبرین بالا ـ کامبرین زیرین (Synsedimentary ore Deposite) صورت گرفته است. در منطقه کوشک و زیرکان در افق شیلی ـ توفی همزمان و همخاست با افق های آهن، فسفر و غیره بوده واز نظر ژنتیک با آنها همزادند. آثار باریت در طبقات کربناتی روی افق شیلی کانه دار کوشک همراه با اکسید آهن وجود دارد. ولی آثار شناخته شده باریت از نظر اقتصادی ارزشی ندارد. تیپ کانسار از نوع ماسیو سولفید بوده و کانه های آن عبارتند از: گالن، اسفالریت، پیریت، کالکوپیریت و عنصر نقره.نمائی از معدن کوشک در زیر آمده است.

عکس۲-۱- دور نمای معدن سرب و روی کوشک(دید بسمت شمال)

ـ منگنز

ذخایر منگنز نیز همانند دیگر ذخایر استان، در سری سنگهای مجموعه رسوبی ـ آذرین قرار گرفته است. منگنز که اکثراً با آهن همراه می شود حاصل ولکانیسم اسیدی بوده و در مرحله تغییر تدریجی نوع ولکانیسم از اسید به سوی بازیک تشکیل شده و لذا ذخایر آن همراه سری ریزو و سنگهای اسیدی آنست. منگنز تنها در یک مورد (یعنی منگنز و آهن ناریگان) همراه آهن اهمیت اقتصادی پیدا کرده و مورد بهره برداری قرار گرفته است(عکس شماره ۳-۱).

عکس ۳-۱- معدن منگنز ناریگان(دید بسمت شمال)

ـ آپاتیت

معدن آپاتیت اسفوردی که دارای عیار P_2O_5 بالایی می باشد در این منطقه قرار دارد.این معدن در ۳۰ کیلومتری شمـال چغارت در شکستگی های موجود در ریولیت ها بیرون زدگی داشته و در آن بلورهای بزرگ آپاتیت دیده می شود. همراهی فسفر توسط عناصر نادر خاکی ارزش اقتصادی کانسار مذکور را دو چندان کرده است. مطالعات ژئوفیزیکی نشان داده است که توده آهن اسفوردی بشکل استوانه بوده و

بخشهای آهن و فسفر آن بصورت ناآمیخته از ماگمای مافیک با روند کربناتیتی جدا شده است(عکس شماره ٤-١).

عکس ٤-١- دور نمای منطقه عمومی و معدن آپاتیت اسفوردی

همچنین نشانه هایی از این ماده معدنی در جاهای دیگر این محدوده دیده شده است.

- گچ

نهشته هایی از گچ در کوه سه گوش واقع در شمال منطقه وجود دارد که متعلق به تریاس می باشند.

ـ آهک

آهکهای صورتی رنگ و لایه لایه کرتاسه واقع در دهانه بافق در خور استفاده در کارهای ساختمانی است.

نقشه زمین شناسی اسفوردی در شکل ۲-۱ نشان داده شده است.

بخش دوم

اکتشافات ژئوشیمیایی

مقدمه

اکتشافات ژئوشیمیایی امروزه بعنوان محور اکتشافات در دنیا شناخته شده است. وسعت میدان آنالیزهای ژئوشیمیایی، حد تشخیص و حساسیت مناسب در دستگاههای آنالیز کننده و دقت آنها، امکان آنالیز متغیرهای گوناگون ژئوشیمیایی، روشهای مختلف داده پردازی جهت رسیدن به نتایج بهینه توسط نرم افزارهای مناسب و کارا و ... از جمله عواملی هستند که باعث شده است تا در ژئوشیمی نوین از آنها جهت طراحی بهینه اکتشافات ژئوشیمیایی بهره ببرند.

این تحولات که ماحصل تلاش بی وقفه اساتید این شاخه و رهروان این علم است را می توان بعنوان انقلابی در سیستم های اکتشافی قلمداد کرد.

حجم عظیم اطلاعاتی که کارشناسان در مرحله داده پردازی ژئوشیمی اکتشافی با آن مواجه هستند آنها را مجبور ساخته است که بعد از رقومی (Digitize) کردن داده ها دنبال راه حلهایی بودند که بتوان بوسیله آنها مناطق پرپتانسیل و امید بخش را معرفی کرد.

امروزه کارایی سیستم کلاسیک اکتشافی و تکیه بر یافته های چشمی در صحرا جایگاه چندان مقبولی ندارد، بلکه هنر اکتشاف در آن است که با در نظر گرفتن قوانین آمار و احتمالات در زمینه تمرکز ماده معدنی، احتمال کشف و نوسان قیمتها که عوامل مهمی هستند دسترسی به اهداف اکتشاف را سهل تر نماید.

فصل اول: نمونه برداری و آنالیز نمونه ها

۱-۱- مقدمه

نمونه برداری را بعنوان انتخاب بهینه و برداشت جزء معرف از یک جامعه معرفی کرده اند. طبیعی است که در پروژه های اکتشافی واقعیت یک پدیده کانی سازی را تا برداشت آخرین قطعه کانی ساز نمی توان با قاطعیت کامل ابراز نمود. بنابراین نمونه بردای نیز بعنوان یک پدیده احتمال پذیر همراه با ضریبی از خطا و سطحی از اعتبار معرفی می شود. توجه کارشناسان چه در مرحله طراحی نمونه برداری و چه در مرحله انجام آن باید معطوف به پرهیز از خطا باشد زیرا بروز خطا در این مراحل داده پردازی و نتایج نهایی را تحت تأثیر قرار می دهد.

اختلاف عمده نمونه برداری و سرشماری در آن است که در سرشماری تمامی اعضای جامعه مورد مطالعه، تحت سوال و آنالیز قرار می گیرند که در مجموع می توان با قطعیت در مورد جامعه نظر داد اما در نمونه برداری با توجه به نمونه معرف به داوری در مورد آن جامعه پرداخته می شود، که این امر انتخاب صحیح نمونه را جهت معرف بودن نمایان می سازد.

عملیات نمونه برداری بعنوان اولین گام در راه کسب اطلاعات از پهنه زمین می باشد. که این اطلاعات پس از انجام آنالیز ژئوشیمیایی نمونه ها بصورت داده در می آید. مراحل مختلفی از جمله مراحل آماده سازی صحرایی (انتخاب قطر بهینه ذرات، انتخاب وزن بهینه نمونه، خشک کردن احتمالی در صورت خیس بودن نمونه و ...)، آزمایشگاهی (آسیاب کردن،پودر کردن، همگن سازی، تقسیم کردن، انتخاب نمونه

مورد آزمایش و نمونه بایگانی و ...) بر روی نمونه ها انجام شده تا نمونه از حالت خام به حالت پرورده درآید و نتایج آن بعد از سیر روند آنالیز بصورت کمی یا نیمه کمی و گاه کیفی در اختیار کارشناسان داده پرداز قرار گیرد. همه این مراحل در برگیرنده خطا می باشند که در مجموعه خطای کلی نقش خواهند داشت. اما نتایج آنالیز با روشهای گوناگونی تحت کنترل درآمده و سعی بر آن است که با تکیه بر توانایی ها و محدودیت های دستگاهی در انتخاب بهترین روش آنالیز گام برداشت.

۲ـ۱ـ انتخاب محیط نمونه برداری

هدف کلی از اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه ای با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ نمونه برداری از رسوبات آبراهه ای است، اما قبل از عملیات صحرایی ابتدا بایستی محیط مناسب نمونه برداری بررسی و سپس شبکه بهینه نمونه برداری طراحی گردد.

انتخاب محیط مناسب نمونه برداری نقش مهمی دارد و همانطوریکه می دانیم در اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه ای بهترین مکان نمونه برداری رسوبات آبراهه ای می باشد که خود تابع شرایط مختلف آب و هوایی، وضعیت زمین شناسی، توپوگرافی، کانی سازی و همچنین شیب آبراهه ها و شیب کلی منطقه می باشد.

میزان بارندگی در محیط مختلف سبب درجات متفاوتی از انواع فرسایش مکانیکی، شیمیایی و در نهایت میزان انتقال رسوبات می باشد. شدت و نوع فرسایش و انتقال رسوبات حاصل از آن بسته به ارتفاع مناطق متفاوت است. با بررسی کامل حوضه های آبریز، طراحی و برداشت نمونه ها، امکان بررسی نهایی و دستیابی به اطلاعات حوضه های بالا دست فراهم می آید که می تواند راهنمایی جهت رسیدن به آنومالی های احتمالی باشد.

بدیهی است که مناطق دارای پتانسیل احتمالی در شرایطی بوجود می آیند که کانی سازی (هاله های اولیه)در محیطی که رسوبات از آن منشاء گرفته اند، رخ داده باشد.در غیر اینصورت ممکن است رسوبات حمل شده از مناطق فاقد کانی سازی، محیطی را بپوشاند که کانی سازی در آن صورت گرفته است، یعنی در نمونه برداشت شده از رسوبات سطحی جدید کانی سازی نداشته باشیم که این امر سبب خطا در ارزیابی آنومالی می شود. در رابطه با مسئله حمل ونقل رسوبات از یک بخش یا محیط حوضهٔ آبریز وسیع به بخش یا محیط دیگر، می توان چهار حالت زیر را فرض نمود:

۱ـ انتقال از یک بخش کانی سازی شده به بخش دیگر کانی سازی شده، در این حالت هم رسوبات سطحی و هم رسوبات و لایه های زیرین همراه با پتانسیل کانی سازی بوده و از خود آنومالی نشان می دهند.

۲ـ انتقال از بخش کانی سازی شده به بخش کانی سازی نشده، در این صورت فقط لایهٔ رسوبات سطحی در بر دارنده پتانسیل و آنومالی است.

۳ـ انتقال از یک بخش کانی سازی نشده به بخش دیگر کانی سازی شده، این نقل و انتقالات سبب پوشش سطحی لایه کانی سازی شده و در صورت نمونه برداری از سطح منطقه را از نظر کانی سازی عقیم نشان می دهد.

٤ـ انتقال از یک بخش کانی سازی نشده به بخش دیگر کانی سازی نشده، که در این حالت لایه سطحی و زیرین بدون پتانسیل و آنومالی است.

در مورد حالت اول و چهارم به تقریب وضعیت روشن است. اما در مورد دوم و سوم بایستی تمهیداتی جهت جلوگیری از خطا و رفع آن اندیشید. تشخیص اینکه فقط

لایه سطحی در بردارنده پتانسیل و آنومالی است و یا عکس آن، امر مهمی است که نیاز به این دارد که لایه پوششی حوضه آبراهه ها به دقت شناسایی شود.

۳ـ۱ـ طراحی محل نمونه ها

یکی از مراحل مهم و اساسی هر فاز اکتشافی طراحی نقاط نمونه برداری است که بایستی این مرحله بدون خطا و یا با حداقل خطا انجام شود. طراحی نمونه برداری با بررسی و شناخت حوضه های آبریز و شبکه آبراهه ای و با هدف نمونه برداری از رسوبات رودخانه ای انجام می گیرد. اما عوامل مختلفی نظیر عدم گستردگی رخنمون سنگی، محدوده های وسیع پوشش گیاهی، وجود دریا یا دریاچه، مزارع گسترده و مناطق کشاورزی می تواند در طراحی محل نمونه ها نقش داشته باشند.

برای طراحی ابتدا با بررسی نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه محدوده حوضه های آبریز بررسی و سیستم آبراهه ها تکمیل می شود. سپس با استفاده از نقشه زمین شناسی منطقه و با در نظر گرفتن واحدهای سنگی مستعد از نظر کانی سازی، توده های نفوذی، مهم، سیستم های گسلی، معادن فعال و قدیمی و ... و همچنین با استفاده از نقشه ژئومغناطیس هوایی و بررسی شواهد موجود در آن از جمله وضعیت توده های نفوذی نیمه عمیق (Shallow Magnetic Bodies) و در نهایت بررسی وضعیت جغرافیایی منطقه، راههای دسترسی و توجه به زمان و بودجه پروژه طراحی نمونه ها انجام می شود.

برای طراحی بهینه نمونه ها و انتخاب مناسبترین نقاط علاوه بر زمان و بودجه معیارهای زیر را نیز باید در نظر گرفت:

ـ دستیابی به حداکثر توزیع یکنواخت نمونه ها در کل نقشه

ـ رعایت چگالی نمونه برداری ژئوشیمیایی بر اساس استانداردهای جهانی و ویژگیهای هر نقشه

ـ توزیع همگن، حتی الامکان یکنواخت نمونه ها متناسب با سطح حوضه آبریز و تعداد انشعابات آن

ـ اولویت به رسوبات رودخانه ای که سنگ بستر خود را قطع می کنند.

بطور کلی در اکتشافات ژئوشیمیایی آبراهه ای در مقیاس ناحیه ای چگالی نمونه برداری ۱ نمونه برای هر ۲/۵ کیلومتر مربع می باشد. که خود چگالی نمونه برداری همانطور که گفتیم تابع شرایط منطقه نیز می باشد. در این برگه با توجه به وجود مناطق آبرفتی و کویری نمونه ها بیشتر در مناطق سنگی تمرکز داده شده اند. با توجه به وسعت تقریبی ۲۵۰۰ کیلومتر مربع برای این ورقه و تعداد ۸٤۳ نمونه در آن، چگالی آن یک نمونه به ازای هر ۳ کیلومتر مربع می باشد که نسبتاً مناسب است.

٤ـ۱ـ عملیات صحرایی نمونه برداری

گروه های نمونه بردار با استفاده از نقشه توپوگرافی و دستگاه های موقعیت یاب جهانی (GPS) که مختصال محل نمونه ها در آن ذخیره شده است، نمونه ها را برداشت می کنند. پس از برداشت و آماده سازی صحرایی نمونه آنها را در کیسه ها مناسب ریخته و شماره هر نمونه را روی آن ثبت می کنند. و بعد از کنترل نهایی آن را روی نقشه پیش رفت وارد می کنند.

نمونه های ژئوشیمی از بستر آبراهه ها و با استفاده از جزء زیرالک ۸۰ مش برداشت شده است که این مرحله آماده سازی مقدماتی تلقی می گردد. وزن نمونه برداشت شده حدود ۱۵۰ گرم است. همچنین شواهد قابل توجه در صحرا نظیر

دگرسانی، کانی سازی، گسله های بزرگ، معادن فعال و قدیمی که در نقشه های زمین شناسی و توپوگرافی ثبت نشده اند در حین عملیات نمونه برداری بصورت شرح مختصری از آنها یادداشت و در نقشه علامت گذاری می شود. تا بتوان از آن در مرحله تجزیه و تحلیل نهایی استفاده کرد.

۵ـ۱ـ آماده سازی و آنالیز نمونه ها

در واقع بخشی از مرحله آماده سازی نمونه ها با انتخاب قطر بهینه ذرات بوسیله الک ۸۰ مش در صحرا انجام میگیرد. که با توجه به موارد عدیده ای که در نمونه برداری مورد دقت واقع می شود یکی از بهترین اندازه ها جهت نمونه ژئوشیمی است، مگر در موارد و با اهداف خاص که از الک های با درجات مختلف و بویژه ٤٠ مش استفاده می گردد. سپس آماده سازی نمونه ها با خردایش آغاز و با پودر کردن نمونه ها با قطر ۲۰۰ مش ادامه می یابد. پس از همگن سازی اولیه حدود ۲۵ سانتیمتر مکعب جهت آنالیز جدا و بقیه نمونه جهت بایگانی ذخیره می شود. در این مرحله پس از هر بار خردایش باید دستگاه کاملاً تمیز شود تا از هر نوع آلودگی احتمالی جلوگیری بعمل آید.

در این پروژه ۸٤۳ نمونه ژئوشیمی همراه ۳۰ نمونه تکراری از آنها بوسیله روش (ICP) مورد آنالیز شیمیایی قرار گرفت که نتیجه ثبت ۲۸ عنصر و اکسید عناصر می باشد. لیست آنالیز عناصر همراه با مختصات آنها در ضمیمه شماره یک آمده است.

٦ـ١ـ تحلیل دقت آنالیز ژئوشیمیایی

یکی از راههای کنترل دقت آنالیز ها و پی بردن به کیفیت تکرار پذیری آنها، آنالیز نمونه های تکراری است. روش بررسی دقت آنالیز دستگاهی در مطالعات ناحیه ای از جمله روش های است که کارایی خود را نشان داده است و بعنوان تنها سیستم کنترلی دقت آنالیزها در راه بکار گیری داده ها است. بعد از گذر از این مرحله، کارشناسان داده پرداز با قطعیت بیشتری می تواند مسئله اطمینان به داده ها را مورد بررسی قرار دهند.

در کنترل دقت (precision) آنالیزها، حساسیت بر روی تکرار آزمایش با نتایج یکسان است، حال اگر این تکرار آزمایش با واقعیت مقدار هر عنصر در نمونه هم همراه باشد، کیفیت کار آزمایشگاه بسیار بالا قلمداد خواهد شد، در صورتیکه در مبحث کنترل صحت (Accuracy) میزان، اندازه گیری مقدار واقعی (مقدار حقیقی) عناصر است که با کنترل نمونه های استاندارد همراه خواهد بود.

خطای آزمایشگاهی ناشی از خطای سیستماتیک یا تصادفی دستگاه است، منشأ خطای سیستماتیک عامل ثابتی است که موجب انحراف مقادیر بسمت مقادیر بالاتر یا پائین تر می شود. ولی خطای تصادفی به مجموعه خطاهایی اطلاق می شود که می توان آنها را تعبیر کرد ولی نمی توان آنها را به صفر رساند.

در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ اسفوردی با توجه به تعداد ۸٤۳ نمونه برداشت شده ۳۰ نمونه تکراری پس از دریافت اولیه نتایج با توجه به نمونه های ناهنجار اولیه و مشاهدات صحرایی مجدداً به آزمایشگاه ارسال گردید. جدول شمارهٔ ۱-۱ این نتایج را در دو صفحه جداگانه برای نمونه های اصلی و تکراری نشان می دهد.

با توجه به اینکه مقدار داده های سنورد برای عناصر W, Sn, Sb, Mo, Cd, Bi, As, Ag بسیار زیاد بوده بطوریکه درصد آن نسبت به کل نمونه ها بالای ۹۰ درصد می باشد از فرایند داده های پردازی حذف شدند. حال با توجه به این مساله برای محاسبه خطای نمونه های تکراری برای سایر عناصر از فرمول زیر استفاده شده است:

$$A.E = \frac{۲}{n}\sum\frac{|X_۱ - X_۲|}{X_۱ + X_۲}\times ۱۰۰$$

در این فرمول A.E (Analytical Error) خطای نسبی دستگاهی، n تعداد نمونه های تکراری ، $X_۱$ و $X_۲$ به ترتیب مقادیر نمونه های اصلی و نمونه های تکراری است.

بوسیله فرمول بالا درصد خطای آنالیز برای ۱۹ عنصر محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۲-۱ در زیر آورده شده است.

نتایج بدست آمده حاکی از آن است که برای تعدادی از عناصر میزان خطای آنالیز دستگاهی بسیار بالا می باشد که انجام کارهای بعدی داده پردازی را با شک و تردید همراه می سازد.

همچنین برای نمایش نموداری و مقایسه برآورد خطاها با توجه به خطای مجاز نمونه های تکراری (حدود ۱۰ درصد) درصد خطای نسبی بصورت نمودار در شکل ۳-۱ نشان داده شده است.

بر پایه خطای مجاز نمونه های تکراری می توان عناصر را در گروههای زیر تقسیم بندی نمود:

الف ـ عناصر با خطای کمتر از ۱۰٪ : در این گروه اکسیدهای سیلیس، آلومینیوم و فسفر و عناصر بریلیوم و استرانسیوم جای می گیرند.

ب ـ عناصر با خطای بین ۱۰٪ تا ۵۰٪ : در این دسته اکسیدهای آهن، کلسیم، منیزیم ، تیتانیوم و عناصر بر، باریم، کبالت، کروم، لیتیوم و روی قرار دارند.

ج ـ عناصر با خطای بین ۵۰٪ تا۱۰۰٪ : در این گروه اکسیدمنگنز، عناصر مس، نیکل و وانادیوم جای می گیرند.

فصل دوم : پردازش داده‌ها

۱-۲- مقدمه

یکی از ویژگیهای اکتشافات ژئوشیمیائی بخصوص در مقیاس ناحیه‌ای، تعداد نمونه‌های زیاد و متغیرهای (نتایج آنالیز عناصر) فراوان است. مرحله داده‌پردازی هم در حقیقت تحلیل نتایج آنالیز عناصر می‌باشد. زیربنای تمامی گزارشاتی که بر مبنای داده‌های کمی استوار شده‌اند. اطمینان به صحت نتایج است و روشهای داده‌پردازی در واقع به مثل دست‌افزارهایی است که راه رسیدن به اهداف اکتشافی را هموار می‌سازند. با توسعه روشهای آماری پیوند آمار و احتمال با علومی که بنحوی با آنها سروکار دارند هر روز مستحکم‌تر شده و راههای دسترسی به نتایج بهتر هر روز بهبود می‌یابد. روشهای آماری (تک متغیره و چند متغیره) کاربرد بسیار گسترده‌ای در علوم مختلف بویژه علوم اجتماعی، پزشکی و فیزیکی دارند و نرم‌افزارهای آماری موجود و نیز بیشتر بر این اساس نوشته شده‌اند داده‌های این علوم بنا به خصلت وجودی خود و بر اساس کثرت جامعه آماری تحت پرسش اکثراً دارای توزیع نرمال می‌باشند. اما در مورد مطالعات ژئوشیمیائی به علت رفتار نوع داده‌ها و توزیعهای آنها انجام یکسری کارهای دیگر در مورد آنها ضروری است که بعضی اوقات تأثیر نامطلوبی بر ساختار داده‌ها می‌گذارد. همچنین خطای آنالیز و میزان آن در امر داده‌پردازی بحث مهمی می‌باشد و در سطح دنیا امروزه برای همه بررسیهایی که به نوعی با داده‌های منتجه از آزمایشگاه سروکار دارند مبنای خطای حداکثر ۱۰٪ را بعنوان معیار در نظر می‌گیرند. در مبحث

کارهای نیمه تفصیلی و تفصیلی و ... دقت و صحت آنالیزها بطور همزمان مورد نظر می‌باشد.

در این پروژه از نتایج آنالیز ۲۸ عنصر برای هر نمونه بوسیله روش ICP بعلت کثرت داده‌های سنسورد تعداد ۹ عنصر کلاً از بحث داده‌پردازی حذف شدند ولی برای بحث تعبیر و تفسیر ناهنجاریها از نتایج داده‌های موجود استفاده شده است و در بین عناصر باقیمانده (۱۹ عنصر) نیز بعد از تحلیل دقت نتایج آنالیز تنها برای ۵ عنصر میزان خطا کمتر از ۱۰ درصد بدست آمده که همین امر موجب می‌شود که کار با این داده‌ها از حالت منطقی خارج گشته و با شک و تردید همراه باشد. علیرغم وجود این امر کار داده‌پردازی برای ۱۹ عنصر باقیمانده انجام شد. مرحله پردازش داده‌ها با فایل‌بندی داده‌های خام شروع و سپس با مراحل شناسائی و جایگزینی داده‌های سنورد، مطالعات آماری تک متغیره و چند متغیره ادامه پیدا می‌کنند.

۲-۲- فایل‌بندی داده‌های خام

اولین گام در مرحله پردازش، وارد کردن داده‌های خام دریافتی از آزمایشگاه در یک محیط مناسب نرم‌افزاری برای انجام کارهای بعدی است.

برای ویرایش این داده‌ها پس از وارد کردن آنها در محیط نرم‌افزاری Excel در مقابل هر نمونه مختصات آنرا نیز که از دیجیت نقشه‌های توپوگرافی محل و توسط نرم‌افزار اتوکد و در سیستم UTM (Hayford 1909) بدست آمده است ، وارد می‌کنیم و با فرمت XLS ذخیره می‌کنیم. نتایج آنالیز همراه با مختصات آنها در ضمیمه شماره ۱ آمده است.

۲-۳- داده‌های سنسورد و نحوه جایگزینی آنها

داده‌های سنسورد به داده‌هایی گفته می‌شود که بصورت مقادیر کمتر و یا بیشتر (< , >) گزارش می‌شوند. هر دستگاه آنالیزی با توجه به حد تشخیص (Detection Limit) خودش، داده‌های با عیار کمتر از حد تشخیص را با نماد کوچکتر (>) و داده‌های با عیار بزرگتر را بصورت نماد بزرگتر (<) نشان می‌دهد.

در مورد داده‌های ژئوشیمیایی نقطه سنسورد در مرز حد تشخیص آنالیزها قرار دارد. داده‌های سنسورد به حساسیت دستگاه بستگی دارد. برای دستگاههای مختلف و روشهای مختلف حد قابل ثبت متفاوت می‌باشد. مثلاً اگر دستگاه برای ثبت مقادیر کم طراحی شده باشد در مورد آنالیز عناصر با غلظت بالا مشکل دارد و آنها را بصورت نماد بزرگتر نشان می‌دهد و برعکس. در مورد داده‌های ژئوشیمیایی بیشتر حالت دوم صدق می‌کند.

از آنجا که عمده روشهای آماری نیازمند مجموعه‌ای کامل از داده‌های عددی می‌باشند و چون داده‌های سنسورد ماهیت عددی ندارند لذا بایستی آنها را بوسیله داده‌هایی جایگزین نمود که بصورت کمیتی باشند. البته این نکته را باید در نظر داشت که جایگزنیی داده‌های سنسورد به شرطی انجام می‌گیرد که تعداد آنها از یک حدی بالاتر نرود در غیر اینصورت باید آن متغیر را از جریان داده‌پردازی حذف نمود.

روشهای مختلفی برای جایگزینی داده‌های سنسورد وجود دارند که عبارتند از :

الف – روش بیشترین درستنهایی کوهن (Cohen Maximum Liklinood)

ب– روش نصف مقدار سنسورد برای داده‌های با نماد > و ۱/۵ برابر برای مقادیر با نماد <

ج – روش جایگزینی ۳/٤ حد سنسورد با نماد کوچکتر (>) و ٤/۳ حد سنسورد برای نماد بزرگتر (<).

با بررسی داده‌های سنسورد و روشهای مختلف جایگزینی آنها در اینجا از روش سوم استفاده شده است. این روش به روش جایگزینی ساده مشهور است و در الگوریتم برنامه STATPAC سازمان زمین شناسی آمریکا قرار دارد (۱۹۷۷

(Vantrump, هرچند این روش در مورد داده‌های با نماد کوچکتر مقادیری بیش از مقدار حقیقی را جایگزین می‌کند که خود این امر موجب بالا رفتن میانگین و کم رنگ شدن حدود آستانه‌ای و آنومالی می‌شود، ولی در مورد داده‌های سنسورد کمتر از ۱۰٪ این روش با سایر روشهای جایگزینی تفاوت چندانی ندارد.

داده‌های سنسورد برگ ۱۰۰۰۰۰: ۱ اسفوردی و مقادیر جایگزینی آنها در جدول شماره ۱-۲ در زیر نشان داده شده است.

٤-٢- مطالعات آماری تک متغیره

مقدمه

امروزه تقریباً همه علوم بنحوی با آمار مرتبط می‌باشند. حتی علومی که زمانی عقلانی صرف محسوب می‌شدند. در عصر ارتباطات به گونه‌ای با علم آمار درآمیخته‌اند و در تلاشند که نتایج مطالعات خود را به گونه‌ای ارائه دهند که با استفاده از نمودار و یا شکل برداشت جامعی را به خواننده القاء کند. این امر در قلمرو علوم و فنونی که با داده‌های زیادی سروکار دارند بصورت امری اجتناب ناپذیر درآمده است. علوم اکتشاف به ویژه اکتشافات ژئوشیمیایی که با تعداد زیادی از داده‌ها و متغیرها سروکار دارد از این امر مستثنی نیست. بدیهی است که تلاش روزافزون متخصصان این علوم در نحوه بهینه ارائه و انتقال اطلاعات و نتایج، توقف‌ناپذیر است. اولین قدم در این راه بررسی و نگاهی آماری به متغیرها است. روشهای آماری با این فرض اقدام به پردازش می‌کنند که متغیرها از هم مستقل عمل کرده و با هم وابستگی ندارند. نحوه و میزان همبستگی و یا استقلال متغیرها در مباحث همبستگی و بررسیهای چند متغیره بحث خواهد شد.

۱-٤-۲- محاسبه پارامترهای آماری و رسم منحنی‌های هیستوگرام و تجمعی داده‌های خام

الف – پارامترهای آماری

اطلاعات در مورد نحوه توزیع داده‌ها و دستیابی به پارامترهای آماری اولین گزینه فراروی داده پردازان است که بعنوان مهمترین و جامع‌ترین اطلاعات آماری حساب می‌شود. این اطلاعات نحوه تمایل به میانگین پراکندگی داده‌ها در حول میانگین، چولگی و کشیدگی جامعه، تشابه یا تمایز آن با یک توزیع نرمال را بطور فشرده در یک جدول به نمایش می‌گذارد. همچنین بیشترین و کمترین عیار عناصر آنالیز شده نیز درجدول مذکور ارائه شده است. آماره‌های میانگین، میانه و مد بعنوان گروه اول آماره‌هایی که میزان چگونگی تمایل به مرکز داده‌ها را نشان می‌دهد در سطور اول این جدول قرار دارند.

گروه دوم آماره‌ها شامل انحراف معیار و واریانس می‌باشد که نحوه پراکندگی و پراکنش داده‌ها را حول میانگین نشان می‌دهد. تمامی این اطلاعات با توجه به جایگزینی داده‌های سنسورد در جدول ۲-۲ آورده شده است.

– چولگی تمامی عناصر از ۰/٦٦٧– تا ۱۸/۳ در نوسان است.

– کشیدگی داده‌ها که حالت خاصی از تیزی منحنی توزیع را نشان می‌دهد از ۱/٤۹ تا ۳٦۹/۸۳ تغییر می‌کند. دو پارامتر مذکور در صورت نزدیک شدن به مقادیر صفر برای چولگی و ۳ برای کشیدگی حاکی از یک توزیع نرمال است.

– برای مقایسه تغییرات در هر عنصر و میزان آن می‌توان به پارامترهای معرف پراکندگی داده‌ها رجوع کرد. بدیهی است در جوامع لاگ نرمال مقادیر بالا با فراوانی اندک می‌تواند معرف پتانسیل‌های اقتصادی باشد که خود در یک جامعه با چولگی زیاد و انحراف معیار بالا معرفی می‌شوند. میزان انحراف معیار در داده‌ها قابل مقایسه نیست

و برای دستیابی به پارامتری که بتوان با تکیه بر آن میزان تغییرات را در تمامی داده‌ها مقایسه کرد. ضریب تغییرات (CV) محاسبه شده است که این ضریب با استفاده از رابطه $\%CV = \frac{s}{x} x100$ بدست آمده است.

ضریب تغییرات عناصر از حداقل ۱۰/۷۷۹ درصد برای SiO_2 تا حداکثر ۸۶/۰۵۲ برای V تغییر می‌کند. پس اکسید سیلیس حاوی کمترین تغییرات است در حالی که عنصر وانادیوم بیشترین تغییر را دارد. این امر با توجه به خطای آنالیز شاید به گونه‌ای معرف مقادیر ناهنجار عنصر وانادیوم در منطقه باشد.

- رسم نمودارها :

داده‌های تک متغیره با نمایش تعدادی از آرایه‌های یک بعدی در راستای یک خط مقیاس بندی شده ارائه می‌شوند. با هدف نمایش داده‌ها، اخذ نتایج و ارائه یک روش تفسیر مناسبتر، آماره‌های توصیفی بطور خلاصه در یک محیط نرم‌افزاری محاسبه شده و در یک محیط گرافیکی مطلوب به تصویر درمی‌آیند.

سه ویژگی موقعیت (Location)، پراکندگی (dispersion) و شکل (shape) توسط هیستوگرام‌ها قابل بررسی و تفسیر هستند. این ویژگیها به یک یا چند مقدار ثابت (constant) وابسته هستند که این مقادیر ثابت بنام پارامترهای جامعه و یا پارامترهای توزیع فراوانی نامیده می‌شوند. محاسبه ریاضی این پارامترها وابسته به میانگین تغییرپذیری داده‌ها است.

محاسبه موقعیت (Location) در یک جامعه با برآورد میانگین حسابی جامعه (μ)، میانگین هندسی جامعه، میانه و مد امکان پذیر است. با برآورد حد (Rang) انحراف درون چارگی (interquartile devision)، واریانس و انحراف معیار قابل

بررسی است و در ارتباط با شکل (shape) هیستوگرام می‌توان به تعداد حدهای جامعه، چولگی و کشیدگی اشاره نمود.

بدیهی است که نمونه‌برداری‌های گوناگون از یک جامعه می‌تواند در بردارنده مقادیر مختلفی از هر آماره باشد و ما هرگز نخواهیم توانست که مقادیر واقعی (True) را از پارامترهای جامعه بدست آوریم. و همیشه نتایج جامعه نمونه‌برداری شده با احتساب آزمونهای کنترلی به جامعه واقعی منتسب می‌شود. همچنانکه مشخص است در اکتشافات ژئوشیمیائی استفاده از هیستوگرام‌ها همیشه مشخص کننده راه و رسم و نشانگر بررسیهای بعدی خواهد بود. با این مقدمه و تکیه بر این هدف نمودار داده‌های خام در سه بخش هیستوگرام، نمودارهای خط نرمال P-P در سطح صفر و نمودارهای نرمال بدون روند P-P در سطح صفر ترسیم شده‌اند (این نمودارها با استفاده از نرم‌افزار SPSS رسم شده است). میزان گروههای انتخابی در هیستوگرام بر مبنای توزیع و توسط خود نرم‌افزار اعمال شده است و فراوانی هر گروه روی محور y مشخص است. مقایسه فراوانی گروهها و کل هیستوگرام با نمودار تابع نرمال (زنگوله‌ای شکل) می‌تواند بصورت نمایی، اطلاعاتی را در زمینه نحوه توزیع جامعه بدست دهد. آماره‌های انحراف معیار، میانگین و مقدار داده‌ها در سمت راست هیستوگرام برای اطلاع آورده شده است.

از مشاهده اجمالی هیستوگرام می‌توان نوع تابع توزیع، وجود یا عدم وجود چولگی و میزان تقریبی آن و احتمال رخداد را در هر گروه بدست آورد. در اصل هیستوگرام‌ها نماینده تابع توزیع چگالی احتمالی هستند نه بیانگر واقعیت توزیع یک جامعه، به کمک این گروهها می‌توان احتمال پیدایش آنها را بررسی کرد. در ضمن شکل تابع توزیع خود می‌تواند گویای مقدار نسبی عنصر در نمونه نیز باشد.

هیستوگرام، نمودارهای خط نرمال بدون روند داده‌های خام B, MnO و Li در شکل شماره ۱-۲ و بقیه عناصر در ضمیمه شماره ۲ آورده شده است.

- اکسید منگنز (MnO)

با توجه به مطالب گفته شده و با توجه به جدول پارامترهای آماری هیستوگرام Mno در بردارنده یک جامعه با مقدار اندکی چولگی مثبت است. بیشترین گروه‌بندی که توسط نرم‌افزار اعمال شده است فواصل ppm ۰/۰۵ را پوشش می‌دهد. طول هر گروه نماینده فراوانی تعداد نمونه‌ها در آن گروه است. ضریب تغییرات MnO ، ٤٤/٠٦ درصد است که درصد تغییرات آن متوسط است. عدم تطابق این جامعه با روند خط نرمال بخوبی مشخص است. نمودار خط نرمال در سطح صفر توانایی تمایز خانواده‌های فرعی را در تابع توزیع این عنصر ندارد. اما این امر به گونه روشن‌تری در نمودار خط نرمال بدون روند در سطح صفر مشخص است. در اینجا خانواده‌های فرعی با چشم‌پوشی بر بعضی انحرافات جزیی خود را بخوبی نشان می‌دهد.

- عنصر بر (B)

با مشاهده هیستوگرام این عنصر می‌بینیم که روند تقریبی توزیع این جامعه نزدیک به یک توزیع با چولگی مثبت است. بیشترین فراوانی نمونه‌ها حدود ۳۰۰ نمونه است که در کلاس ٥٥-٤٥ گرم در تن متمرکز است. ضریب تغییرات این عنصر ۳۳/٥۷ درصد است که تقریباً ضریب متوسطی است. نمودار خط نرمال در سطح صفر (Normal p-plot) دارای دو محور متعامد است که محور افقی آن بیانگر توزیع احتمال تجمعی عیارهای این متغیر و محور عمودی آن نشانگر توزیع احتمالی تجمعی

رخدادهای آن است. غنی شدگی و تهی شدگی نمونه‌ها نسبت به توزیع نرمال به صورت مربعات کوچک در پیرامون خط نرمال نشان داده شده‌اند. پراکنش داده‌ها نسبت به خط نرمال بخوبی قابل مشاهده است. با توجه به میزان انحراف نمونه‌ها بسمت مقادیر بیشتر یا کمتر (انحراف مثبت و منفی) وجود حداقل ۷ خانواده فرعی حتمی است.

-عنصر لیتیوم (Li)

هیستوگرام عنصر لیتیوم دربردارنده یک جامعه تقریباً لاگ نرمال با چولگی مثبت است. بهترین گروه‌بندی اعمال شده توسط نرم‌افزار فواصل ppm ۱۰ را پوشش می‌دهد. طول هر گروه نماینده فراوانی تعداد نمونه‌ها در آن گروه است که حداکثر فراوانی مربوط به فاصله ۳۵-۲۵ با حدود ۲۸۰ نمونه است. ضریب تغییرات این عنصر ٦١/٨٩ درصد است که نسبت به سایر عناصر تقریباً از تغییرپذیری بالایی برخوردار است.

۲-٤-۲- جدایش مقادیر خارج از رده (Outliers)

مقادیر خارج از رده به مقادیری اطلاق می‌شود که بنا به دلایلی به نحو چشمگیری خارج از جامعه سایر داده‌ها و در منتهی‌الیه مقادیر کم یا مقادیر زیاد آنالیز عنصری جا گرفته‌اند. میزان جدایش این نمونه‌ها، نحوه شناخت آنها و تأثیر وجودی آنها بر پردازش داده‌ها در مقالات و مراجع گوناگونی به بحث و بررسی گذارده شده است. نمونه‌های خارج از رده به بیانی می‌توادند در برگیرنده مقادیر ناهنجاری باشند و بطور عموم نمونه‌های آنومالی مقادیر بالا (Positive outlier) را دربردارند. البته در مورد بعضی از عناصر، نمونه‌های خارج از رده در حد پایین (Negative outlier) نیز بچشم می‌خورند. اصولاً داده‌های خارج از رده بایستی به دقت بررسی شوند. این بررسی شامل کسب اطمینان از نحوه شماره‌گذاری و کدگذاری نمونه‌ها در صحرا، عدم آلودگی نمونه‌ها در محیط کمپ‌های صحرایی، عدم آلودگی در هنگام خردایش و پودر کردن نمونه‌ها در آزمایشگاه می‌شود که مجموعاً بعنوان خطای نمونه‌برداری و آماده‌سازی محسوب می‌شود. بررسی خطای دستگاهی بویژه در نمونه‌های با مقادیر بالا می‌تواند خطای دستگاهی را تا حد زیادی به کنترل درآورد.

در این پروژه با توجه به خطای بالای آنالیز برای اکثر عناصر (بالای ۱۰ درصد)، اطمینان یا عدم اطمینان از نمونه‌های خارج از رده عملاً امکان پذیر نمی‌باشد. ولی چنانچه موارد کنترلی بر روی داده‌های خارج از رده به نحو مطلوب پیش رود و مرحله کنترل ناهنجاری‌ها نیز موید این امر باشد می‌توان وجود این داده‌ها را به مناطقی نسبت داد که مستعد کانی‌سازی هستند.

برای تعیین و تشخیص مقادیر خارج از رده روشهای گوناگونی در دست است که یکی از این روشها، بررسی توزیع داده‌ها بر اساس پلاتهای Box and whisker

است که بطور خلاصه بنام نمودارهای جعبه‌ای (Box plot) نامیده می‌شوند. این نمودارها برای نشان دادن مقادیر خارج از رده و مقایسه مجموعه داده‌ها با این مقادیر کاربرد دارد.

شکل شماره ۲-۲ پلاتهای مزبور را برای ۱۹ عنصر از مجموعه داده‌های خام برگه ۱۰۰۰۰۰ : ۱ اسفوردی نشان می‌دهد. قرار دادن هرچند عنصر در مجموعه‌ای خاص براساس حد پایین و بالای عیار آنها بوده و سعی بر آن است که با این روش از حداکثر گسترش طولی پلاتها برای بررسی و شناخت و تفسیر آنها استفاده کرد. مستطیلهای بدنه اصلی نمودارهای جعبه‌ای شامل سه حد چارک اول،میانه و چارک سوم می‌باشند. محاسبه مقادیر خارج از رده به دو صورت محاسبه می‌گردد. نمونه‌هایی که مقادیر آنها در بین ۱/۵ تا ۳ برابر طول مستطیلها (حد درون چارکی Inter quartile Range) واقع شوند. نمونه‌های خارج از رده (outlier) معمولی محسوب می‌شوند. چنانچه مقادیر بعضی از نمونه‌ها فراتر از حد مزبور باشد، آنها به منزله نمونه‌های فوق‌العاده (extreme) بشمار می‌آیند. این محاسبات با توجه به داده‌های خام در محیط نرم‌افزاری SPSS انجام شده است و نمونه‌های خارج از رده با شماره آنها و با نماد دایره و نمونه‌های فوق‌العاده به همراه شماره آنها با نماد ستاره در بالا یا پایین نمودارها مشخص شده‌اند.

بررسی نمودارهای جعبه‌ای حاکی از آن است که :

- همه عناصر و اکسید عناصر دارای مقادیر خارج از رده مثبت از یک نمونه تا ۳۰ نمونه می‌باشند.
- عناصر B, Ni, Sr, Zn , P_2O_5, TiO_2, CaO علاوه بر مقادیر خارج از رده مثبت دارای مقادیر خارج از رده منفی نیز می‌باشند.

نمونه‌های خارج از رده مثبت و منفی به تفکیک در جداول ۳-۲ و ٤-۲ آمده است. نمونه‌های خارج از رده معمولی با فونت معمولی و نمونه‌های فوق‌العاده با فونت Bold مشخص شده‌اند. سرانجام جدول شماره ۵-۲ نمونه‌های خارج از رده نهایی را نشان می‌دهد که ۳۵ نمونه شناسایی شده و در مراحل بعدی در صورت لزوم کنار گذارده می‌شوند.

۳-٤-۲- نرمال کردن داده‌ها

الف – نرمال کردن بدون مقادیر خارج از رده

- تبدیل کاکس و باکس

بعد از حذف ۳۵ نمونه که در مرحله قبل بعنوان مقادیر خارج از رده شناسایی شدند، باقیمانده نمونه‌ها (۸۰۸ نمونه) در مرحله نرمال‌سازی داده‌ها وارد شدند. این داده‌ها با ساختار مشخص (ساختار ویژه Geoeas) و به کمک نرم‌افزار PWT نرمال شدند. سپس پارامترهای آماری این داده‌های نرمال با کمک نرم‌افزار SPSS بدست آمد که در جدول شماره ٦-۲ آورده شده است. از مقایسه پارامترهای آماری داده‌های خام با داده‌های نرمال بدون مقادیر خارج از رده می‌بینیم که تبدیل کاکس و باکس در زمینه نزدیک کردن مقدار چولگی به صفر تا حدودی موفق بوده است بطوریکه چولگی V, Al_2O_3, CaO, MgO, B, Be, Cu, Li, SR و Zn تا حد زیادی به صفر نزدیک شده است تنها در مورد Ni, Fe_2O_3 و SiO_2 زیاد موفق نبوده است که البته چولگی SiO_2 قبلاً کمتر از این مقدار بدست آمده بوده است. اما در مورد کشیدگی که در مرحله داده‌های خام، کشیدگی Li, MnO, SiO_2 تقریباً نزدیک به سه بوده و پس از مرحله نرمال‌سازی برای عناصر Ni, B تا حدودی موفق عمل کره است و در مورد بقیه عناصر زیاد موفق نبوده است. نتیجه‌ای که می‌گیریم این است که روش کاکس و باکس در نزدیک کردن چولگی به عدد صفر از توانایی خوبی برخوردار است ولی در زمینه رساندن مقدار کشیدگی به عدد سه زیاد کارایی ندارد. علیرغم وجود این امر (یعنی

ناتوانی روش کاکس و باکس برای تبدیل توزیع به نرمال) یکی از حسن‌های این روش این است که حداقل توزیع داده‌ها را در جامعه به نظم در می‌آورد.

با توجه به توانایی هیستوگرام‌ها در نمایش توابع توزیع، شکلهای شماره ۳-۲ ،٤-۲ و ٥-۲ و هیستوگرام مقادیر نرمال شده ۱۹ عنصر را به نمایش می‌گذارد. با مقایسه این نمودارها با نمودار داده‌های خام می‌بینیم که عناصر Sr, Cr, Ba, P_2O_5, B و Zn تقریباً نرمال شده‌اند. این مسئله فقط با توجه به شکل ظاهری هیستوگرام بدست آمده است و عناصر Ni, Cu, Li, Co, MgO, Fe_2O_3, Al_2O_3 تا حدودی به جامعه نرمال نزدیک‌تر شده‌اند. تغییرات عمده‌ای در هیستوگرام عناصر CaO, Be, V دیده نشده است و هیستوگرام عناصر MnO, SiO_2 و TiO_2 بدتر شده است.

ب- نرمال کردن تمامی داده‌ها

با توجه به اینکه ترسیم نقشه‌های ناهنجاری در مرحله تک متغیره با داده‌های نرمال شده انجام می‌شود. لذا در این مرحله تمامی داده‌ها را بعد از مرحله نرمال‌سازی برای ترسیم نقشه آماده می‌کنیم.

- تبدیل کاکس و باکس

با استفاده از تبدیل کاکس و باکس در این مرحله تمامی ۸٤۳ نمونه نرمال شدند. پس از مرحله نرمال‌سازی پارامترهای آماری داده‌های نرمال برای همه عناصر در نرم‌افزار SPSS بدست آمد (جدول ۷-۲) با مقایسه این جدول با جدول پارامترهای آماری داده‌های نرمال بدون مقادیر خارج از رده می‌بینیم که در این مرحله کشیدگی V, Li, Cu, B, MgO و Zn که اندکی چولگی مثبت یا منفی داشتند به صفر رسیده است و بغیر از TiO_2, Al_2O_3 و P_2O_5 که چولگی آنها کمی کاهش یافته در مورد سایر عناصر چولگی کمی بیشتر شده است.

کشیدگی ۳ عنصر بالاتر رفته بطوریکه کشیدگی CaO از ۱/۷۹ به ۹/۳۲ افزایش یافته است. کشیدگی بقیه عناصر کمتر شده است. بطوریکه کشیدگی Li, B تقریباً به نزدیک سه رسیده است. هیستوگرام عناصر نرمال شده در ضمیمه شماره ۳ پیوست شده است.

٤-٤-٢- تعیین آماری مقادیر زمینه، حد آستانه‌ای و ناهنجاری براساس روش X+ns

براساس محاسبه و تعیین مقادیر زمینه، حد آستانه‌ای و ناهنجاری روشهای متعددی بکار گرفته می‌شود، اساس این روشها بر پایه پیش فرض نرمال بودن داده‌ها است و این امر بدلیل این است که مقادیر میانگین و انحراف معیار به مقادیر واقعی جامعه نزدیک‌تر باشد. البته باید این نکته را در نظر داشت که مجموعه مختلفی از داده‌های ژئوشیمیائی که دارای میانگین یکسانی هستند می‌توانند مقادیر گوناگونی از انحراف معیار را نشان دهند. در این روش باید نمونه‌های خارج از رده هر عنصر در فوقانی‌ترین بخش مرتب شده نمونه‌ها قرار بگیرد و مورد دیگری که باید در این مرحله در نظر داشته باشیم اهمیت بیش از حد داده‌های کمی (داده‌های با مقادیر بالا) است. چه بسا در نمونه‌برداری شاهد نمونه‌هایی باشیم که بنا به دلایل زیاد (از جمله فاصله از منبع اصلی و یا توزیع ناهمگن عناصر در محیطهای مختلف) مقادیر عیار اندکی را نشان دهند. اما از اهمیت زیادی برخوردار باشند. اما در این روش، این نمونه‌ها بصورت اجتناب‌ناپذیری از نمونه‌های پرعیار کنار گذارده می‌شوند.

استاندارد بودن این روش (x+ns) و استفاده عموم داده پردازان از این روش برای شناسایی محدوده‌ها، از جمله دلایل استفاده از آن است. براساس تجزیه و تحلیل آماری در یک توزیع نرمال ٦٨/٢٦٪ از مقادیر داده‌های یک جامعه نرمال در بین X+S تا X-S و ٩٥/٤٤٪ از مقادیر داده‌ها در بین محدوده X+2S تا X-2S و ٩٩/٧٤٪ از

مقادیر داده‌ها در بین X+3S تا X-3S قرار دارد. از طرفی باید توجه داشت که چون توابع توزیع متغیرهای مورد محاسبه بطور کامل نرمال نشده‌اند، امکان تغییرات در درصدهای مذکور وجود دارد.

با توجه به استانداردهای موجود مقدار زمینه منطبق بر X+S و مقدار شروع حد آستانه‌ای محلی و ناحیه‌ای معمولاً مطابق با X + 2S انتخاب می‌شود و مقادیر بالاتر از X + 2S بعنوان مناطق ناهنجار شناسایی می‌شوند. با توجه به خطای بالای آزمایشگاهی و با عنایت به اینکه توزیع جوامع در مورد بعضی از عناصر به جامعه نرمال نزدیک نشده است در این پروژه از مقادیر بالای X + 2.5S برای آنومالی‌های درجه اول و مقادیر بین X +1.5S – X + 2.5S برای آنومالی‌های درجه دوم استفاده شده است، و بر همین اساس نقشه ناهنجاری‌ها رسم شده است که در مرحله ترسیم نقشه‌ها در مورد آن بحث خواهد شد.

۵-٤-۲- شرح ماتریس ضرایب همبستگی

همبستگی درجه ارتباط بین متغیرها را نشان می‌دهد. مقدار این کمیت، چگونگی برازش معادله‌ای خطی یا غیرخطی، که ارتباط بین متغیرها را توجیه می‌کند، نشان می‌دهد. ضریب همبستگی معیار عددی است که رابطه‌ای ترتیبی دارد اما ویژگی نسبتی برای آن برقرار نیست. مثلاً وقتی می‌گوییم همبستگی دو متغیر X و Y، ۰/٦ و همبستگی X و Z ۰/۳ است به این معنا نیست که همبستگی X و Y دو برابر همبستگی X و Z است. بلکه تنها نتیجه‌ای که از آن می‌گیریم این است که همبستگی X و Y قویتر از همبستگی X و Z است. با توصیف بعمل آمده از ویژگیهای ضرایب همبستگی در اینجا از روش ضرایب همبستگی به روش ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن همراه با محاسبه سطح معنی داری آنها استفاده شده است که این ضرایب در

یک ماتریس ۱۹ × ۱۹ درجدول ۸-۲ نشان داده شده است که توسط نرم‌افزار آماری SPSS محاسبه شده است.

با مشاهده جدول ضرایب همبستگی در نظر گرفتن این نکته که ضرایب بالای ۰/۵ معنی دار تلقی شوند می‌بینیم که عناصر از همبستگی پائینی برخوردار هستند فقط در چند مورد همبستگی دیده شده که با توجه به خطای بالا آنالیز چندان دور از انتظار نیست.

متغیر Fe_2O_3 با TiO_2 و Co در سطح اعتماد معنی دار همبستگی نشان می‌دهد که چندان دور از انتظار نیست زیرا این عناصر می‌توانند در توده‌های آهندار بصورت پاراژنز و به شکل کانه‌های ایلمنیت، تیتانومگنتیت تمرکز پیدا کنند. همسبتگی این متغیر با MnO و P_2o_5 نیز تا حدودی می‌تواند معنی دار تلقی شود که با توجه به تمرکز این عناصر بصورت پاراژنز در کانسارهای آهن بصورت کانه‌های منگنز و آپاتیت قابل توجیه است. همبستگی دیگر بین MnO و Ba (۰/۵۲۱) می‌باشد که با توجه به محیط سنگی آن می‌تواند معرف کانسارهای منگنز ولکانوژن، منگنز اپی ترمال یا سرب و روی رسوبی اگزالاتیو باشد. بین متغیرهای Sr و CaO نیز همبستگی جزیی بدست آمده است.

۵-۲- بررسی‌های آماری چند متغیره

مقدمه:روشهای آماری بخشی جدا از تحقیق علمی است. در نتیجه کاربرد آنها خیلی زیاد است. به ویژه الگوهای چند متغیره مرتباً در مسایلی که در علوم فیزیکی، اجتماعی، پزشکی، اقتصاد بازرگانی، تعلیم و تربیت، هواشناسی، زمین شناسی و ... پیش می‌آیند، کاربرد دارد. گرچه در استفاده از روشهای چند متغیره در زمینه‌های مختلف بالا وضعیت‌های متفاوتی وجود دارد، ولی تحلیل داده‌ها در مورد بسیاری از مسایل یکسان بوده و یا اینکه خیلی شبیه هم هستند. تحلیل داده‌ها مانند بیشتر روشهای آماری به زمینه موضوع مورد بحث خاصی محدود نمی‌شود.

روشهای چند متغیره در واقع دربرگیرنده روشهای استنباط آماری معمول هستند که بطور همزمان در مورد هر مشاهده بطور همزمان اندازه‌گیری های متعددی را تجزیه و تحلیل می‌کند. هر تجزیه و تحلیل همزمان بیش از دو متغیر، می‌تواند آنالیز چند متغیره تلقی شود. بسیاری از روشهای آماری چند متغیره در حقیقت بسط و توسعه آنالیزهای تک متغیره (تجزیه و تحلیل توزیع‌های یک متغیر) و دو متغیر (دسته‌بندی متقابل، همبستگی، آنالیز واریانس و رگرسیون ساده) هستند. بعنوان مثال در آنالیز دو متغیره، روش رگرسیون ساده دارای یک متغیر پیشگو می‌باشد، ولی در حالت چند متغیره این روش تعمیم یافته، و چندین متغیر پیشگو را دربرمی‌گیرد. بهمین ترتیب در آنالیز واریانس یک متغیر وابسته وجود دارد ولی در آنالیز چند متغیره واریانس چندین متغیر وابسته در نظر گرفته می‌شود.

بسیاری از تکنیکهای آماری چند متغیره، تجزیه و تحلیل چندگانه را با بکارگیری تکنیکهای تک متغیره میسر می‌سازند. ولی روشهای چند متغیره دیگری وجود دارند که با موضوعات چند متغیره سروکار دارند، نظیر تجزیه عاملی (Factor Analysis) که از بین یک سری از متغیرها، متغیرهای کنترل کننده اصلی را شناسایی

می‌کند و یا تحلیل ممیزی (Discriminant Analysis) که گروهها را بر مبنای یک سری از متغیرها از همدیگر تفکیک می‌نماید.

در توصیف آنالیز چند متغیره اختلاف نظر وجود دارد. برخی تحلیل‌گران، اصطلاح چند متغیره را ارزیابی روابط میان بیش از دو متغیر تلقی می‌کنند. دیگران این اصطلاح را برای مواردی بکار می‌برند که تمامی متغیرهای چندگانه، دارای توزیع نرمال چند متغیره باشند. برخی مؤلفین عقیده دارند که هدف از تجزیه و تحلیل‌های چند متغیره، عبارت از اندازه‌گیری، توضیح و پیش‌گویی درجه روابط بین متغیرها است (ترکیبی از متغیرهای وزن دار شده). این ویژگی چند متغیره، مختص عده‌ای از متغیرها یا مشاهدات نمی‌باشد بلکه ترکیبات متعددی از متغیرها را دربر می‌گیرد. در نهایت شناخت روابط بین چند متغیر، اولین گام اساسی در فهم واقعی ماهیت تجزیه و تحلیل چند متغیره می‌باشد.

هرگروه معینی از عناصر نسبت به یک سری از شرایط محیطی، کم و بیش بطور مشابه حساسیت نشان می‌دهند. شناخت ارتباط و بستگی‌های ژنتیکی متقابل موجود بین عناصر گوناگون می‌تواند در شناخت دقیق‌تر تغییرات موجود در محیطهای ژئوشیمیایی بکار گرفته شود. ضمناً تجمع ژنتیکی بعضی عناصر ممکن است بعنوان راهنمای مستقیمی در تفسیر نوع نهشته‌ای که احتمالاً در ناحیه وجود دارد بکار رود و برعکس، تجمع بعضی از عناصر نیز ممکن است دلالت بر وجود آنومالیهای داشته باشند که بی‌اهمیت بوده و گمراه کننده‌اند. روی هم رفته، شناخت بستگی‌های ژنتیکی که در بین عناصر وجود دارد، اطلاعات لازم را در جهت تفسیر هرچه صحیح‌تر داده‌های ژئوشیمیایی در اختیار می‌گذارد. در این میان، آمار چند متغیره می‌تواند پاسخگوی مسایل فوق باشد.

تجربه نشان داده است که اگر ترکیبی از مقادیر یک گروه از عناصر معرف، به جای مقدار یک عنصر خاص بکار گرفته شود، هاله‌های ژئوشیمیایی در اطراف توده‌های کانساری بهتر مشخص می‌شوند و اثرات خطاهای تصادفی در آنها به حداقل

می‌رسد. بطور کلی دو مزیت عمده در بررسیهای آماری چند متغیره وجود دارد. اول آنکه هاله‌های مرکبی که از روشهای آماری چند متغیره بدست می‌آید، نسبت به سیمای ساختمانی، زمین شناسی و ماهیت ژنتیکی نهشته‌های کانساری رابطه نزدیکتری را نشان می‌دهد و در نتیجه ارتباط بین عناصر بهتر مشخص می‌شود. دوم آنکه بوسیله هاله‌های مرکب می‌توان خطاهای تصادفی، تعداد داده‌ها و نقشه‌ها را به حداقل رسانده و به نتایج کارآمدتری دست یافت.

در این پروژه برا ی بیان ارتباط ژنتیکی بین متغیرها از تجزیه و تحلیل خوشه‌ای و تجزیه عاملی استفاده گردیده است. از روش تجزیه عاملی برای رسم نقشه‌های چند متغیره و نتایج کلی چند متغیره استفاده شده است.

۱-۵-۲- مقادیر خارج از ردهٔ چند متغیره (Multi Outliers)

مقادیر خارج از رده را نمی‌توان بصورت طبقه‌بندی جداگانه و یا حاوی ویژگیهای مفید و مسئله‌ساز تلقی نمود. اما بایستی در قالب تجزیه و تحلیل‌های آماری به دقت مورد ارزیابی قرار گیرند. در روشهای تک متغیره مقادیر خارج از رده با ترسیم نمودار جعبه‌ای مشخص می‌گردند ولیکن در روش چند متغیره باید محاسبات دیگری صورت پذیرد. قبل از پرداختن به روش محاسبه مقادیر خارج از رده چند متغیره لازمست که بدانیم ماهیت این داده‌ها چگونه است و چطور باید در فرایند داده‌پردازی مورد ارزیابی قرار بگیرند. مقادیر خارج از رده به سه صورت کلی بوجود می‌آیند :

حالت اول : مقادیر خارج از رده‌ای که در اثر یک نوع خطای سیستماتیک بوجود می‌آیند و باید در هنگام داده‌پردازی از مابقی داده‌های خارج از رده جدا شده و از فرایند داده‌پردازی حذف و یا در صورت امکان، تصحیح شده و در فرایند داده‌پردازی مورد پردازش قرار گیرند. بعنوان مثال خطای نمونه‌برداری و تجزیه نادرست عناصر را می‌توان جزء این گروه از داده‌ها دانست.

حالت دوم : این گروه مقادیر خارج از رده مشاهداتی هستند که بصورت یک پدیده فوق‌العاده نمود می‌یابند. در این مورد، داده‌پرداز بایستی توجه داشته باشد که آیا مقادیر خارج از رده ناشی از یک مشاهده معتبر است یا مشاهده فوق یک دادهٔ غیر معتبر است. اگر مشاهده معتبر است باید در پردازش داده‌ها باقی بماند وگرنه بایستی از جریان داده‌پردازی حذف گردد. به عنوان مثال مقادیر آنومالیهای واقعی و آنومالیهای کاذب را جزء این دسته می‌توان قرار داد.

حالت سوم : این گروه از مشاهدات دارای هیچگونه روند و جایگاه مشخصی نمی‌باشند و داده‌پرداز هیچگونه توضیح مناسبی برای آنها ندارد. این گونه مقادیر و مشاهدات در اکثر موارد باید حذف کردند ولیکن اگر برای داده‌پرداز اثبات شود که این مقادیر، جزئی از جامعه اصلی داده‌ها هستند باید در هنگام داده‌پردازی از آنها استفاده گردد. مثالی که برای این گروه از مشاهدات می‌توان بیان نمود، آنومالیهائی هستند که در بعضی موارد هیچ ارتباطی با شواهد زمین شناسی ندارند و متأثر از آلودگیهای شیمیائی، صنعتی، کشاورزی و یا پدیده‌های خاص زمین شناسی هستند.

۲-۵-۲- شناسائی مقادیر خارج از رده چند متغیره

برای تعیین مقادیر خارج از رده، تحلیل‌گر به پاره‌ای اندازه‌گیریها، درباره وضعیت چند بعدی هر مشاهده نیاز دارد. سپس در این فضای چند بعدی، با استفاده از محاسباتی فاصله هر کدام از نمونه‌ها از مرکز میانگین مشاهدات بدست می‌آید. یکی از روشهائی که برای محاسبهٔ فاصله چند بعدی یک نمونه،در فضای n بعدی بکار برده می‌شود اندازه فاصله ماهالونوبیس (Mahalanobis Distance) می‌باشد. بطور خلاصه فاصله ماهالونوبیس (D^2) اندازه فاصله‌ای هر مشاهده،در فضای چند بعدی از مرکز میانگین مشاهدات است. برای این منظور، تمامی متغیرها باید متریک باشند تا بتوان فواصل هر نمونه را از مرکز براساس عناصر گوناگون محاسبه نمود.

برای شناسائی مقادیر خارج از رده چند متغیره، ابتدا داده‌های مربوطه را وارد نرم‌افزار SPSS شده و فاصله ماهالونوبیس برای تک تک نمونه‌ها محاسبه می‌شود. سپس منحنی p-p برای فواصل ماهالونوبیس ترسیم شده و اولین شکستی که در محدوده مقادیر بالاتر در این منحنی مشاهده می‌گردد، بعنوان مبنائی جهت جدایش مقادیر خارج از رده چند متغیره در نظر گرفته می‌شود. برای ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ اسفوردی، مقادیر خارج از رده شناسائی شده و در جدول (۹-۲) آورده شده است. همچنین مقادیر فاصله ماهالونوبیس برای نمونه‌های این برگه، بصورت یک منحنی p-p آمده است (شکل٦-٢).

در جدول (۹-۲) شماره نمونه‌ها و متغیرهای اندازه‌گیری شده در هر کدام از نمونه‌ها و مقدار ماهالونوبیس آنها آورده شده است. بیست نمونه به شماره‌های ٤، ٥، ٧٦، ٨٢، ١٨٤، ١٩٢، ٢٨٤، ٣٧٤، ٤٤٤، ٤٤٦، ٤٨٤، ٥٥٣، ٥٥٩، ٦٠٨، ٦١٦، ٦٣٩، ٧٠٧، ٧٥٦ و ٧٥٩ جزء مقادیر خارج از رده چند متغیره هستند. این نمونه‌ها در منحنی‌های p-p بخوبی مشخص شده‌اند. عدم تطابق نمونه‌های خارج از رده در سیستم تک متغیره و سیستم چند متغیره طبیعی بوده و ناشی از نحوه محاسبه در دو سیستم گوناگون است. پس از اینکه مقادیر خارج از ردهٔ چند متغیره شناسائی شدند. این مقادیر از داده‌پردازی بطور موقت حذف می‌گردند. پس از حذف مقادیر خارج از رده، داده‌ها دوباره نرمال شده و برای داده‌پردازی چند متغیره آماده می‌گردند.

۳-۵-۲- تجزیه و تحلیل خوشه‌ای (Cluster Analysis)

فرایندهای زمین شناسی و ژئوشیمیائی به دلیل پیچیدگی تا حدودی ناشناخته بوده،و با توجه به عدم دسترسی به تمامی اطلاعات نمی‌توان فرآیندهای فوق را به آسانی با روشهای تک متغیره، تحلیل و یا شبیه‌سازی نمود.

روش تجزیه و تحلیل خوشه‌ای برای حل مسائلی طرح شده که در آن با در دست داشتن مجموعه‌ای متشکل از n نمونه (نمونه‌های ژئوشیمیائی) و اندازه‌گیری P متغیر (عناصر آنالیز شده)، می‌توان نمونه‌ها یا متغیرها را در کلاسهائی گروه‌بندی نمود که متغیرها با نمونه‌های مشابه در داخل یک گروه قرار گیرند.

بطور عمده در داده‌پردازیهای ژئوشیمیایی و تجزیه و تحلیل خوشه‌ای، دو روش R-mode و Q-mode مورد محاسبه قرار می‌گیرد.

تجزیه و تحلیل نوع R-mode

هدف از این تجزیه و تحلیل مقایسه روابط و تعیین بستگی بین متغیرها (غلظت عناصر)در نمونه‌های مورد نظر است. از اینرو روش مذکور می‌تواند در تشخیص عناصر اصلی موجود در یک مجموعه ژئوشیمیائی بکار برده شود.

تجزیه و تحلیل نوع Q-Mode

هدف از تجزیه و تحلیل نوع Q تعیین و ارزیابی همبستگی‌های موجود بین نمونه‌های مختلف و برحسب تغییر متغیرهائی نظیر ترکیب شیمیائی سنگهاست. در این مرحله از داده‌پردازی از روش R-mode استفاده شده است.

مراحل مختلف تجزیه و تحلیل خوشه‌ای

قبل از شروع داده‌پردازی، ابتدا باید تمامی داده‌ها عددی شده و دارای هیچ مقدار گمشده‌ای نباشند و سپس مراحل ذیل بطور منظم انجام پذیرد.

الف – ابتداء مقادیر خارج از رده که در مرحله قبلی معرفی گردیده‌اند، بایستی از داده‌ها جدا شوند. این مقادیر می‌توانند در ارتباط با یک گروه واقعی خیلی کوچک

از جامعه اصلی یا گروه‌هائی جدا از جامعه اصلی باشند و یا براثر خطاهای گوناگون بوجود آمده باشند. در هر صورت این نمونه‌ها باید از جامعه اصلی جدا و خارج گردند، زیرا این داده‌ها می‌توانند ساختار اصلی داده‌ها را تغییر داده و سبب اشتباه در پردازش داده‌ها و تصمیم‌گیری داده‌پرداز گردند.

ب – پس از جداسازی داده‌های خارج از رده، داده‌ها باید نرمال و استاندارد شوند تا اثر مقادیر غیرهمساز از جامعه اصلی و نیز اثر تغییر مقیاس داده‌ها از بین برود. برای استانداردسازی داده ها از روش Z استاندارد استفاده شده است. این روش براساس کسر مقدار هر یک از متغیرها از میانگین جامعه تقسیم بر انحراف معیار استوار است و فرمول آن بصورت ذیل می‌باشد :

$$z = \frac{x - \mu}{S}$$

ج- برای گروه‌بندی داده‌ها چندین روش وجود دارد که عمومی‌ترین آنها، روش‌های سلسله مراتبی و غیرسلسله مراتبی است در پروژه‌های ژئوشیمیائی معمولاً از روش سلسله مراتبی استفاده می‌گردد. در روش سلسه مراتبی برای گروه‌بندی و دسته‌بندی داده‌ها از روشهای تجمعی و تقسیم کننده استفاده می‌شود. در این پروژه روش تجمعی بکار گرفته شده است.

د- در بررسی‌های ژئوشیمیائی برای بسط خوشه‌ها از روشهای اتصال ساده، اتصال کامل،اتصال به مرکز و ... استفاده می‌گردد. در پردازش داده‌ها باید با توجه به ساختار داده‌ها یکی از روشهای بالا را انتخاب نمود، و سپس مهمترین شکل و فرم را که با ساختار منطقه منطبق است مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهیم داد.

ه- برای محاسبه فاصله بین داده‌ها، روشهای متعدد و مفیدی وجود دارد، ولیکن در مورد داده‌های ژئوشیمیائی این روشها محدود است. محاسبهٔ فاصله بر اساس ضریب همبستگی،کم خطاترین روش به نظر می‌رسد، در صورت وجود داده‌های با دقت و صحت کافی،روشهای اقلیدسی ترجیح داده می‌شوند. در این پروژه از ضرائب همبستگی استفاده گردیده است.

و- ترسیم ساختار درختی پس از انجام تمامی مراحل فوق صورت می‌پذیرد. داده‌پرداز نباید تنها به یک نوع ساختار درختی اکتفا نماید، بلکه بایستی چندین ساختار را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد، سپس معتبرترین ساختار درختی را که با زمین شناسی و خصلت ژئوشیمیایی داده‌های منطقه مورد نظر سازگاری دارد را انتخاب نماید.

تجزیه و تحلیل خوشه‌ای داده‌ها

همانطوریکه در بخش محاسبه خطای آنالیز عنوان گردید، مقادیر خطای اندازه‌گیری شده برای بسیاری از عناصر از مقدار ۱۰ درصد فراتر بوده است. بنابراین اگر در تفسیر ساختار درختی داده‌ها، موارد غیرعادی مشاهده گردد، به احتمال زیاد در ارتباط با خطائی است که در تجزیه نمونه‌ها اعمال شده است.

در ساختار درختی داده ها دو گروه اصلی A , B مشاهده می شود (شکل ۷-۲). گروه A نیز به دو گروه دیگر A_1 و A_2 تقسیم می شود ، گروه A_1 خود شامل دو زیر گروه A_{11} , A_{12} و گروه A_2 نیز شامل زیر گروههای A_{21} , A_{22} می باشد . همچنین گروه B نیز به دو زیر گروه B_1 , B_2 دسته بندی می شود . با توجه به همبودهای ژئوشیمیایی عناصر ، هر گروه یا زیر گروه متعلق به یک تیپ کانی سازی یا به یک گروه سنگی ، و یا متاثر از عوامل زمین شناسی و سنگ شناسی خاص است . بنابراین باید هر گروه و یا زیر گروه را با همدیگر تعبیر و تفسیر نمود . البته در مواردی ممکن است ، به خاطر خطای آنالیز نمونه ها روش انتخابی آنالیز خوشه ای و عوامل دیگر ساختار درختی هیچگونه رابطه ای خاص را بین عناصر نشان ندهد .

با توجه به ساختار درختی داده ها و همبودهای ژئو شیمیایی نتایج زیر به دست آمده است:

گروه A : همانطور که گفتیم این گروه به دو گروه دیگر تقسیم می شود که هر کدام را به صورت جداگانه تعبیر و تفسیر می نماییم .

گروه A_1 : این گروه عناصر $Ni, Cu, Li, Al_2O_3, Be, B, SiO_2$ را در بر می گیرد . به طور کلی این عناصر به صورت هاله های ژئوشیمیایی در انواع کانسازی مس در اطراف توده های نفوذی و یا در اطراف کانسازهای مس که ما حصل ماگمای اسیدی اپی ترمال یا هیپوترمال هستند ، یافت می شوند .

زیر گروه A_{11}: این زیر گروه شامل Be, B, SiO_2 است که در اینجا B و SiO_2 بیشترین قرابت را با هم نشان میدهندو عنصر Be نیز قرابت نزدیکی با اینها نشان می دهد که مجموعه این عناصر می توانندمصرف سنگهای نفوذی اسیدی به ویژه گرانیت و گرانیتوئید باشند و همچنین مجموعه عناصر می توانند به صورت هاله ژئوشیمیایی در اطراف کانسازهای قلع گرایزنی ، تنگستن و کانسارهای در ارتباط با سنگهای اسیدی باشند .

زیر گروه A_{12}: این زیر گروه دو زیر رده (Al_2O_3 , Li) , (Cu, Ni) را در بر می گیرد .

زیر رده اول : در این زیر رده دو عنصر Ni , Cu بیشترین قرابت و تشابه را از خود نشان داده اند که می توانند به صورت هاله ژئوشیمیایی در اطراف کانسارهای ماسیو سولفید یا مس مشاهده گردند . عناصر Li, AL_2O_3 نیز که خود می تواند در ارتباط با سنگهای اسیدی تا حد واسط باشند تشابه و قرابت نزدیکی با Ni, Cu از خود نشان می دهند . قرار گرفتن این عناصر در یک زیر گروه به صورت همبود ژئوشیمیایی می تواند در ارتباط با کانی سازی مس در حاشیه توده های نفوذی اسیدی باشد .

گروه A_2:این گروه شامل عناصر $V, P_2O_5, Be, MnO.Co, Cr, TiO_2, Fe_2O3$ است .

به طور کلی یک سری از این عناصر به صورت هاله ژئوشیمیایی ، انواع کانسارهای مرتبط با سنگهای مافیک – اولترامافیک و کربناتیت ها دانست . در نقشه زمین شناسی منطقه چنین سنگهایی رخنمون داشته و وجود چنین کانسارهایی محتمل به نظر می رسد ولی با توجه به اینکه عناصر نادر خاکی آنالیز نشده اند نمی توان در مورد ارتباط با کربناتیت ها چندان اظهار نظر نمود .

زیر گروه A21: این زیر گروه شامل Co,Cr , Tio_2 , Fe_2O_3است . در این زیر گروه Tio_2 , Fe_2O_3دارای قرابت شدیدی هستند . که می تواند معرف کانی سازی آهن باشد که تا حدودی تحت آلتراسیون قرار گرفته و تشکیل ایلمینیت در آن اتفاق افتاده باشد . با توجه به کانی سازی آهن در منطقه (چغارت و سه چاهون)و وجود تیغه های ایلمنت در کانسنگ این معادن زونهای که تغییر یافته اند بعلت تیتان بالا می تواند معرف آهن ماگماتیک باشند . قرار گرفتن Co , Crدر این زیر گروه همراه با عناصر بالا که خود در سنگهای قلیایی تا اولترا مافیک غلظت بالایی دارند منطقی به نظر می رسد زیرا می توانند به صورت پاراژنز در کانسارهای آهن در حد ناهنجاری ژئوشیمی ناحیه ای خود را نشان دهند . از قرار گرفتن عناصر کرم و کبالت در کنار TiO_2 , Fe_2O_3نتیجه می گیریم که یا در ارتباط با کانی سازسی آهن باشند یا اینکه خود شان تشکیل کانی سازی را بدهند .

زیرگروه A22 : این زیر گروه شامل دو زیر رده (P_2O_5 , V) , (Ba , MnO) است در زیر رده اول Ba , MnO با قرابت نسبتا خوبی به هم متصل گردیده اند که می توانند بعنوان عناصر فوق کانساری در کانسارهای هیدروترمال و یا در سطح زون های گوسنی وجود داشته باشند .همچنین این عناصر در محیطهای سنگی مافیک و آلکالن معرف کانسارهای کربناتیتی باشد . ولی بعلت اینکه عناصر نادر خاکی تجزیه نشده اند نمی توان در این مورد با اطمینان صحبت کرد . در زیر رده دوم هم P_2O_5 و V قرار دارد ، که همراه با زیر رده دوم می توانند معرف کانسارهای آهن و آپاتیت در محیط های نفوذی مافیک و آلکالن باشند که با توجه به وجود آهن و آپاتیت و سنگهای نفوذی در منطقه منطقی به نظر می رسد .

گروه B : این گروه که خود به دو زیر گروه B1 , B2 تقسیم می شود عناصر Sr,CaO , Zn , MgO را در بر می گیرد . یک سری از این عناصر را می توان در ارتباط با کربناتیت ها دانست . از طرف دیگر این عناصر می توانند در ارتباط با کانسارهای روی باشند . که در آنها آهک تبدیل به دولومیت شده و روی از آن تشکیل شده است .

زیر گروه B_1 : در این زیر گروه Sr,CaO قرابت خوبی با همدیگر دارند ، که می توانند در ارتباط با واحدهای کربناتیتی باشند . عنصر استرانسیوم در سنگهای آهکی و آذرین (سنگهای آذرینی که در صد قابل توجهی پلاژیوکلازکلسیک دارند) جایگزین عنصر کلسیم می شوند ، که این نیز تا حدودی همبود این دو عنصر را توجیه می کند .

زیرگروه $B2$: در این زیر گروه عناصر Zn , MgO قرار دارند این عناصر می تواند در اطراف کانسارهای ماسیو سولفید و سرب روی هاله ژئوشیمیایی تشکیل دهند .

٤-٥-٢- تجزیه عاملی (Factor Analysis):

تجزیه عاملی نام عمومی است که به گروهی از روشهای آماری چند متغیره اطلاق می شود . هدف اولیه آن تفسیر ساختار واریانس – کوواریانس مجموعه ای از داده های چند متغیره است . تجزیه عاملی بین مجموعه ای متشکل از متغیرهای گوناگون که به ظاهر بی ارتباط هستند ، رابطه خاصی را تحت یک مدل فرضی برقرار می کند . تفاوت بین این تکنیک ورگرسیون چند گانه در این است که اولا متغیرها به طور مستقیم در ساختار مدل ارتباطی ظاهر نمی شوند ، ثانیا تعداد عاملها (ترکیبی خطی از متغیرهای اصلی که ویژگی خاصی از ارتباط بین متغیرها را بیان می نمایند) به مراتب کمتر از تعداد متغیرهای اصلی هستند .

بنابراین یکی از اهداف اصلی تکنیک تجزیه عاملی کاهش ابعاد داده ها است . فرض اساسی در به کار گیری این تکنیک وجود الگویی زیر بنایی یا مدلی خاص در تعیین مفاهیم پیچیده ارتباطی بین متغیرها است . این ارتباط در قالب یک عامل در این مدل فرضی ظاهر می شود .

به طور کلی هدف از تجزیه عاملی عبارت است از :

١- تعیین متغیرهای کنترل کننده اصلی در بین یک سری داده ژئوشیمیایی ، یا به عبارت دیگر ، یافتن حداقل تعداد متغیرهایی که بیشترین تغییرات مشاهده شده را در بین سری داده های نشان بدهند .

٢- تعیین سهم نسبی هر یک از متغیرها در به وجود آمدن تغییرات توزیع عناصر .

بطور عمده در داده پردازیهای ژئوشیمیایی و تجزیه عاملی دو روش محاسبه کلی صورت می گیرد .

تجزیه و تحلیل نوع R – Mode :

هدف از این تجزیه و تحلیل مقایسه روابط و تعیین بستگی بین پارامترهای متغیرها (غلظت عناصر) در نمونه های مورد نظر است ، از این رو روش مذکور می تواند در تشخیص عناصر اصلی موجود در یک مجموعه ژئوشیمیایی به کار برده شود .

تجزیه و تحلیل نوع Q – Mode :

هدف از تجزیه و تحلیل نوع Q تعیین و ارزیابی همبستگی های موجود بین نمونه های مختلف ، بر حسب تغییر متغیرهایی چون ترکیب شیمیایی سنگهاست در این مرحله از داده پردازی ، بعد از نرمال سازی داده ها ، فایل داده ها به نرم افزارهای statistica و spss منتقل و تکنیک تجزیه عاملی بر روی داده های نرمال و بدون مقادیر خارج از رده اجرا شده است ، که نتایج آن در ذیل آورده شده است :

الف – برای مشخص نموده صحت و تأیید تجزیه عاملی ، ضریب kmo همراه با آزمون مربع کای (خی) محاسبه گردیده است . مقادیر بزرگ kmo دلالت بر تایید تجزیه عاملی و مقادیر کوچک آن دلالت بر عدم تایید تجزیه عاملی دارد . مقادیر حدود ۰/۹ این کمیت ، تجزیه عاملی را بسیار مناسب ، مقادیر حدود ۰/۸ تجزیه عاملی را مناسب ، مقادیر حدود ۰/۷ تجزیه عاملی متعادل ، مقادیر حدود ۰/٦ تجزیه عاملی متوسط و مقادیر ۰/۵ آن تجزیه عاملی ناچیز و کمتر از آن نامناسب می باشد . تمامی این مقادیر در صورتیکه آزمون مربع کای (خی) در سطح اعتماد ۹۵ درصد معتبر باشد ، صحیح تلقی می گردند . با توجه به جدول ۱۰-۲ مقادیر محاسبه شده ، چنین تفسیر میگردد :

مقدار kmo برابر با ۰/۷۱ با توجه به اعتبار آزمون مربع کای (خی) که سطح اعتماد آن کاملا معتبر و درجه آزادی آن برابر با ۹۱ است (مقدار ۹۱ برابر با مجموع داده های ماتریس همبستگی جزئی است) تجزیه عاملی فوق را در رده مناسب قرار می دهد .

ب – درصد مشارکت (Commununalities)برای هر عنصر به طور جداگانه محاسبه شده است . با توجه به جدول ۱۰-۲ بیشترین درصد مشارکت با ضرایب بالای ۰/۷ به عناصر $MnO،TiO_2$ تعلق می گیرد . بعد از این عناصر ردهٔ دوم عناصر دارای درصد مشارکت بالا(ضریب بالای ۰/٦) شامل AL_2O_3 ,Fe_2O_3, B, Cu , Ni , Vاست در رده بعدی با ضریب مشارکت بالای ۰/۵ عناصرZn , Li , Ba قرار دارد .

کمترین درصد مشارکت متعلق به عناصرP_2O_5 Co, Be , است . ذکر این نکته ضروری است که هر چه درصد مشارکت یک عنصر بالا باشد دلالت بر مشارکت بالای این عناصر در تحلیل واریانس عمومی داده ها است .

ج – مقادیر ویژه ، درصد واریانس و درصد تجمعی واریانس هر مؤلفه به طور جداگانه محاسبه شده است.

مقادیر ویژه :

حاصل جمع ستون بارهای (Loadinygs) توان دوم برای هر عامل می باشد ، که بیانگر مقدار واریانس محاسبه شده برای هر کدام از عاملها است .

درصد واریانس :

این پارامتر بیانگر مقدار تغییر پذیری محاسبه شده برای هر مؤلفه است .

درصد تجمعی واریانس :

پارامتر مذکور بیانگر جمع واریانس هر مؤلفه با واریانس مؤلفه های قبلی می باشد .

با توجه به جدول ۱۰-۲ و نمودار صخره ای شکل ۸-۲ چهار مؤلفه انتخاب شده است ، علت انتخاب این چهار مؤلفه به دو پارامتر بستگی دارد :

پارامتر اول :

با بررسی های انجام گرفته اکتشافات ژئوشیمیایی ، این نتیجه حاصل شده است که درصد تجمعی واریانس بالای ٦٠ درصد از یک جامعه ژئوشیمیایی می تواند معرف تقریبی جامعه باشد . حال با در نظر گرفتن سه مؤلفه ، تقریبا ٦٠ درصد واریانس تجمعی جامعه پوشش داده می شود که برای تجزیه و تحلیل مؤلفه ها مناسب به نظر می رسد .

پارامتر دوم :

در بررسیهای آماری ژئوشیمیایی از نمودار صخره ای (Scree Plot) استفاده می شود که در آن مقادیر ویژه بر حسب اهمیت آنها از بزرگترین تا کوچکترین مقدار ردیف شده اند ،با توجه به این نمودار مقادیر بالای دومین شکست معتبر (مقادیر ویژه بالای یک) برای انتخاب مؤلفه ها مورد استفاده قرار می گیرد .

حال با توجه به جدول ۱۰-۲ مقدار ویژه خام مؤلفه اول ۳/۸۱ ، مؤلفه دوم ۱/۹٤ ، مؤلفه سوم ۱/۳۱ و مؤلفه چهارم ۱/۰۵۱ و مقادیر چرخش مؤلفه اول ۲/۲۸ ، مؤلفه دوم ۲/۰۸ ، مؤلف سوم ۱/۸۹ و مؤلفه چهارم ۱/۸۵ می باشد و درصد واریانس مؤلفه اول ۲۷/۱۸ ، مؤلفه دوم ۱۳/۸٤ ،مؤلفه سوم ۹/۳۷ و مؤلفه چهارم ۷/٤۹ و واریانس چرخش یافته مؤلفه اول ۱٦/۳۲ ، مؤلفه دوم ۱٤/۸۵ ، مؤلفه سوم ۱۳/۵۲ و مؤلفه چهارم ۱۳/۱۹ می باشد . پس از این چهار مؤلفه مقادیر ویژه واریانس به شدت نزول پیدا می کند . بنابراین چهار مؤلفه اول برای تجزیه وتحلیل عاملی انتخاب می شود .

د – پس از اینکه مؤلفه ها انتخاب شدند ، باید در نظر داشت که مؤلفه های خام (غیر چرخشی) نمی توانند تمامی تغییر پذیری واقعی جامعه را نشان دهند ، چون در بسیاری از موارد تعدادی از متغیر ها به یک عامل ویژه یا حتی به تعدادی از عاملها بستگی دارند و در نتیجه تعبیر

عوامل را با مشکل روبرو خواهد کرد . از این رو روشهایی به وجود آمده است که بدون تغییر میزان اشتراک ، باعث تعبیر سادهٔ عوامل می شوند ، این روش ها همان دوران عاملها هستند . بنابراین مؤلفهای خام بایستی تحت تابع مشخصی چرخش داده شوند تا بهترین واریانس جامعهٔ عمومی به دست آید . در بررسی های ژئوشیمیایی بیشتر از تابع وریمکس (Varimax) استفاده می شود . با انتخاب تابع وریمکس ، دورانی متعامد بر روی ضرایب عامل صورت می گیرد . با این دوران تغییرات مربعات عناصر ستونی ، برآورد ضرایب عاملها را ماکزیمم می کند ، این روش مقادیری نسبتا بزرگ (از نظر قدر مطلق) یا صفر به ستونهای ماترسی ضرایب عاملها اختصاص می دهد ، در نتیجه عواملی ایجاد می شود که یا به شدت به متغیرها و ابسته اند یا مستقل از آنها هستند این امر سبب ساده تر شدن تعبیر عاملها خواهد شد . مؤلفه های چرخش یافته جدید که بدین ترتیب به دست می آید ، مؤلفه های اصلی برای محاسبه امتیازات (scores) می باشند . موله های خام و چرخش یافته در جدول ۱۱-۲ آورده شده است . با استفاده از جدول عاملی مقادیر چرخش یافته مقدایر ضریب چرخش یافته بالای $\pm 0/5$ ، اساس انتخاب هر متغیر در هر عامل است . لازم به ذکر است که اعداد مثبت رابطهٔ معکوسی با اعداد منفی خواهند داشت ، با توجه به مطالب مذکور چهار عامل برگزیده شامل عناصر زیر است :

عامل یک : این عامل شامل عناصر Al_2O_3 - B - Be - Cu با امتیاز مثبت می باشد .

در این عامل با توجه به نقشه آنومالی آن می توان تمرکز این عناصر را متاثر از سنگهای نفوذی اسیدی دانست که احتمالا در آنها فازهای پگماتیتی ویا گرایزنی رخ داده باشد . البته بعلت اینکه عنصر قلع جزو عناصر با داده های سنسورد بالا بوده است و از آنالیز به دست نیامده که می توان بعنوان یکی از عناصر در اطراف گرایزنها از خود هاله ژئوشیمیایی برجا بگذارد ، نمی توان چندان در این مورد اظهار نظر نمود . وجود عنصر مس در این فاکتور احتمالا به خاطر کانی سازی مس در اطراف یا خود تودهٔ نفوذی می باشد که شواهد کانی سازی مس که توسط نمونه برداران در منطقه مشاهده شده است تا حد زیادی این را تایید می کند . هر چند که برای اطمینان باید به پارامترهای دیگری نظیر عناصر پاراژنز و غیره توجه نمود .

عامل دو : عامل مذکور شامل عناصر V , MnO , P_2O_5 است که امتیاز هر سه مثبت می باشد . این عامل تا حدود زیادی معرف کانسارهای منگنز در منطقه می باشد که در این منطقه اکثراً منگنز همراه آهن می باشد . از طرفی وجود P_2O_5 در این منطقه معرف کانی سازی فسفات و آهن در منطقه می باشد که با توجه به انطباق آنومالی های عناصر مذکور با کانسارهای شناخته شده چندان دور از واقعیت نیست .

عامل سه : این عامل عناصر Co , Li , Ni , Zn را با امتیاز مثبت در بر می گیرد . همراهی عناصر Co , Ni , Zn در این فاکتور تا حدود زیادی می تواند معرف کانسارهای ماسیوسولفاید باشد . با توجه به انطباق انومالیهای عناصر مذکور با سنگهای رسوبی در منطقه این عامل احتمالا معرف ماسید سولفاید سرب باشد ولی بعلت اینکه عنصر سرب آنالیز نشده است ، نمی توان در این مورد با قطعیت سخن گفت . وجود کانسارهای ماسیوسولفید کوشک در منطقه و آنومالی خوب در اطراف این کانسار تا حدودی مؤید این مطلب است . از طرفی همراهی عناصر Co , Ni بدون در نظر گرفتن عنصر Zn می تواند معرف کانی سازی مس بازالتی باشد .

عامل چهار : این عامل شامل Fe_2O_3 , TiO_2 با امتیاز مثبت می باشد .

با توجه به گسترش کانی سازی آهن در این منطقه این عامل بیشتر متاثر از کانی سازیهای آهن می باشد . حال اگر کانی سازی فوق تحت تاثیر آلتراسیون یا دگرگونی مجدد قرار گرفته باشند . یا در هنگام تبلور فاز تیتان نیز اضافه شده باشد (تیغه های مشاهده شده ایلمیت در مشاهدات صحرایی تا حدودی این مطلب را تایید می کند) می توان چنین اظهار نظر کرد که احتمالا کانی سازهایی که ایلمنیت زیاد دارند در این فاکتور خود را بهتر نشان داده اند . هر چند نتایج بالا به تحقیقات و داده های بیشتری (به ویژه آنالیز یکسری از عناصر دیگر) نیاز دارد .

ه : با توجه به مقادیر محاسبه شده فاکتورها نمودار ضرایب متغیرها در عاملهای مختلف به صورت دو بعدی در شکلهای شماره ۹-۲ و ۱٤-۲ آورده شده است .

متغیرهای تک عنصری و چند عنصری که بتواند پتانسیلهای کانساری را در این منطقه به طور مناسبتری منعکس نمایند ، از طریق به کار گیری روش تجزیه عاملی و رسم موقعیت متغیرها

در مختصات عاملی معرفی می شوند . در چنین مختصاتی ، متغیرهایی که بار فاکتوری آنها نزدیک به صفر می باشد ، بی اهمیت بوده و هر چه فاصله آنها از مبدأ مختصات بیشتر باشد ، پتانسیل آن عنصر از نظر کانی سازی می تواند با اهمیت تلقی شود ، البته به شرطی که خطای دستگاهی و اثرات سنگی زیاد بارز نباشد . در این صورت چنانچه مجموعه ای از متغیرها در امتداد معینی از مبدا دور شده باشند ،می توانند بعنوان متغیرهایی که ارتباط پاراژنزی با یکدیگر دارند ، به حساب آیند . بنابراین با استفاده از این روش میتوان با تغییر محورهای مختصات (عاملهای مختلف) موقعیت عناصر را واضح تر مورد مطالعه قرار داد .

با توجه به موارد بالا نمودارهایی تهیه شده است که هر نمودار معرف دو عامل می باشند (شکل ۹-۲ الی شکل ١٤-٢)

و-پس از محاسبه مقادیر مولفه ها،امتیاز هر مولفه در جدول ۱۲-۲ آورده شده است.برای محاسبه مقادیر امتیازات از روش رگرسیون استفاده شده است.این روش ماتریس ضرایب عاملهای متغیرهای استاندارد شده را بر اساس ماتریس همبستگی R محاسبه می نماید.در پایان همه ضرایب امتیازات در مقادیر استاندارد شده هر نمونه ضرب شده،و مجموع امتیاز هر نمونه بدست می آید.

مقادیر امتیازات هر عامل برای کل داده های برگه اسفوردی در ضمیمه ۵ آمده است.

همچنین،مقادیر امتیازات بصورت نمودار در شکل ۱۵-۲ داده شده است.

فصل سوم

تکنیک رسم نقشه ها و شرح ناهنجاریهای

ژئوشیمیایی

فصل سوم :تکنیک رسم نقشه ها و شرح ناهنجاری های ژئوشیمیایی

۱-۳- تکنیک رسم نقشه ها

در زمینهٔ اکتشافات ژئوشیمیایی ، اهمیت تغییرات فضائی داده ها در راستای تشخیص الگوهای غیر معمول که ممکن است در ارتباط با پتانسیلهای کانی سازی باشند ، بر کسی پوشیده نیست ، توزیع فضائی مقادیر غلظت عناصر به صورت نقشه توصیف می شود که طبیعت و مقیاس این نقشه به هدف مورد نظر بستگی دارد . نقشه های ژئوشیمیایی را میتوان به دو گروه تقسیم کرد :

۱- نقشه های که غلظت عناصر را در محل نمونه هایشان نشان می دهند (نقشه های نمادین یا symbol map)

۲- نقشه هایی که تاکید بر الگوی توزیع عناصر در مقیاس ناحیه ای و محلی دارند (نقشه های کنتوری و طیفی) .

تکنیک رسم نقشه های نوع دوم به طور مرسوم و گسترده در بسیاری از نرم افزارهای کامپیوتری مورد استفاده قرار می گیرد . اساس این روش درون یابی (Interpolation) مقادیر برای نقاط فاقد اطلاعات یک شبکه منظم (نقاط گره) از روی داده های موجود می باشد . به دنبال آن کنتورها از بین نقاط شبکه عبور داده می شود و رشته ای از مختصات که بیانگر سطح با نقاط هم مقدار بر روی آن است ،پدید می آورد . نظم شبکه لزوم ذخیره سازی جهت مختصات ها را برای هر نقطه گره در شبکه مرتفع ساخته و موجب تسهیلات بعدی در پردازش داده ها می گردد . عوامل موثر در تغییر سطح پردازش شده نهایی عبارتند از :

الف – تعداد نمونه ها : هر چه سطح برازش شده دارای پیچیدگی بیشتری باشد ، تعداد داده های بیشتری برای توصیف آن مورد نیاز است . این تعداد داده ها از پیش شناخته شده نبوده و

در اکتشافات ژئوشیمیایی ، چگالی نمونه برداری از پیش و بر اساس مفهوم اولیه ابعاد هدف مورد نظر تعیین می گردد .

ب – توزیع فضای نمونه ها : وضعیت نقاط نمونه برداری بر اساس ماهیت جستجو و محیط نمونه برداری تغییر می کند . داده های با توزیع فضائی نامنظم در نمونه برداری رسوبات آبراهه ای امری عادی است چون که طراحی شبکه نمونه برداری بر اساس الگوی حوضهٔ آبریز صورت می گیرد .

ج – ابعاد شبکه : هر چه شبکه تخمین مورد استفاده در اینترپولاسیون داده ها چگالتر باشد، مقادیر نمایش داده شده به حقیقت نزدیکتر خواهد بود . این امر به دلیل آن است که احتمال قرار گرفتن هر منطقه داده منفرد در کنار گره های شبکه بیشتر خواهد شد . همچنین یک محدودیت عملی که به طور عام با آن مواجه هستیم ، تعداد کل نقاط شبکه است که در نرم افزارهای موجود با محدودیت روبرواست . به نظر می رسد شبکه های با چگالی تخمین بین ٤ تا ١٠ برابر چگالی نمونه ها منطقی باشد . این را همواره باید به خاطر سپرد که اعتبار سطح برازش شده نهائی همیشه تحت تاثیر شرایط و ماهیت داده های اولیه خواهد بود .

د – تعداد داده های مشارکت کننده در تخمین نقاط بدون اطلاعات : اگر یک گره شبکه منطبق بر یک نقطه دارای داده نباشد ، آنگاه مقدار آن باید از نقاط همجوار با آن تخمین زده شود . به طور مشخص ممکن است این تخمین از روی ٤ تا ١٦ داده همجوار نقطهٔ مجهول صورت پذیرد . تصمیم در مورد ترکیبهای مختلف ابعاد شبکه و تعداد داده های همجوار (تعیین شعاع جستجو و جهت آن) امری بسیار مشکل بوده و در هر منطقه بستگی به ماهیت داده های همان منطقه دارد . به عبارت دیگر اگر یک شبکهٔ باز انتخاب شود و شعاع جستجوی کوچکی را در این مورد به کار بریم ، تعدادی از داده ها ممکن است هیچگاه در تخمین مورد استفاده قرار نگیرند .بدین جهت بایستی حالات مختلف تخمینی را مورد بررسی قرار داد و از میان آنها بهترین انتخاب را که حداکثر تطابق با مشاهدات صحرائی را داشته باشد ، انجام داد .

آنچه که در بالا به آن اشاره شد خلاصه ای از الگوریتم تکنیک رسم نقشه ها در پروژه اسفوردی است . نرم افزار مورد استفاده جهت رسم نقشه ها Surfer - 7 است که تحت سیستم عامل ویندوز عمل می کند . فایل داده ها ی اولیه با فرمت XLS (ساخته شده در نرم افزار Excel) به نرم افزار Surfer منتقل و برای هر متغیر مورد نظر فایل تخمین مربوطه با پسوند GRDساخته می شود . در این فایل مختصات چهار گوشه منطقهٔ مورد مطالعه (برگه ۱۰۰۰۰۰: ۱) ، تکنیک تخمین به کار رفته (که در اینجا روش عکس فاصله با مرتبهٔ ٤ بوده است) ، ابعاد سلولهای مورد تخمین (۲۰۰×۲۰۰متر) و شعاع جستجو برای یافتن نقاط دیگر و تخمین بر اساس تمامی داده های موجود در همسایگی تعریف شده ، انتخاب و بر اساس تمامی این داده ها ، برای تک تک عناصر تخمین انجام می گیرد . فایل حاصل از این بخش با پسوند GRD به بخش رسم نقشهٔ نرم افزار منتقل و نوع نقشه انتخاب می گردد و در این پروژه از تکنیک رسم نقشه ها به صورت طیفی بهره جسته ایم . رنگها مرز مشخصی نداشته و به صورت طیفی (Spectral)، از یک رنگ به رنگ دیگر تغییر می یابند که یکی از روشهای نوین در ارائه نقشه ها به شمار می آید .

در این تکنیک حدود رنگها به وسیلهٔ مقادیر نرمال شده عناصر مورد نظر x-2.5s تا x+2.5s و در هفت رنگ به شرح زیر تعریف شده اند :

رنگ	دامنه مقادیر
قرمز	$> \bar{x} + 2/5s$
نارنجی	$\bar{x} + 1.5s - \bar{x} + 2.5s$
زرد	$\bar{x} + 0.5s - \bar{x} + 1.5s$
آبی فیروزه ای	$\bar{x} - 0.5s - \bar{x} + 0.5s$
آبی روشن	$\bar{x} - 1.5s - \bar{x} - 0.5s$

آبی سیر	$\bar{x}-2.5s-\bar{x}-1.5s$
آبی تیره	$<\bar{x}-2.5s$

این نقشه سپس از محیط نرم افزار surfer به نرم افزار Autocad منتقل شده و تصحیحات نهایی در محیط این نرم افزار بر روی آن اعمال می گردد . در این نرم افزار فایل آبراهه ها به همراه نمونه ها بر روی نقشهٔ تخمین ، منعکس شده و پس از تنظیم راهنما برای آن و معرفی حدود غلظتی رنگها ، نقشه نهائی به صورت پلات فایل جهت چاپ آماده می گردند . در این پروژه ۱۲ نقشه تک متغیره شامل عناصر $Zn , Ni , Li , Cu , Cr , Co , Ba , B , TiO_2 , p_2O_5 , MnO , Fe_2O_3$ ،یک نقشه از شبکه نمونه برداری و ٤ نقشه چند متغیره رسم شده است.

همچنین در قسمت سمت راست پائین هر نقشه تک متغیره نقشه داده های خام همان عنصر نیز به منظور مقایسه رسم شده است که می توان در یک نگاه متوجه موارد تشابه و تفاوت نقشه های حاصل از داده های نرمال شده و داده های خام گردید .

در بخش راهنمای نقشه ها موارد زیر به چشم می خورد :

۱- حدود رنگها (Color scale) و دامنه مقادیر .

۲- نمادهای به کار رفته در نقشه ها اعم از راه ، آبادی ، محل نقاط نمونه های ژئوشیمی ، آبراهه ، اندیسهای معدنی ، معادن فعال و متروکه .

۳- نام عنصر

٤- محدودهٔ پروژه اسفوردی و موقعیت نقشه ۱۰۰۰۰۰ : ۱ مربوط بر روی نقشه ایران .

۵- شماره نقشه

٦- تاریخ تهیه نقشه

۷- مقیاس عددی و خطی

۸- سیستم مورد استفاده در تبدیل مختصات (UTM , Hayford 1909)

۲-۳ – شرح نقشه های ناهنجاری (آنومالی) ژئوشیمیایی

مقدمه

اکتشافات ژئوشیمیایی در مقیاس ۱۰۰۰۰۰ : ۱ و تحت عنوان اکتشافات ناحیه ای در نهایت منجر به هدفدار ترین بخش یک گزارش اکتشافی می شودکه به نام نقشه ناهنجاری ها مهمترین و کارآمدترین قسمت یک پروژه ژئوشیمایی است و نقش ویژه و ارزنده ای را در تعیین مناطق امید بخش ایفا می نماید ، در تعیین دقیق مناطق امید بخش با پارامترهایی همچون طراحی مناسب و منطقی ، نمونه برداری دقیق ، آماده سازی و روش آنالیز مفید و کارساز با حد خطای مجاز و در نهایت داده پردازی های مناسب انجام شده بر روی نتایج آنالیز ، نقشی اساسی و پایه را به عهده دارند .

در راستای صحت و درستی نواحی ناهنجار معرفی شده برای هر عنصر ، مرحله بررسی و کنترل آنومالیها نقش انکار ناپذیری را ایفا می کنند ، در این مرحله از عملیات صحرایی ، مشاهدات اکتشافگران در همسویی با پدیده های زمین شناسی ، زمین ساختی ، کانی زایی ، دگرسانی و..... در تعبیر و تفسیر نواحی ناهنجار روشنگر بسیاری از رفتارهای غیر عادی ژئوشیمیایی خواهد بود . برداشت نمونه های کانی سنگین از آبرفتهای موجود در محدوده آنومالیها، آماده سازی و مطالعه آنها می تواند نقشی بسیار راهگشا در تحلیل نواحی معرفی شده داشته باشد . برداشت نمونه های لیتوژئوشیمیایی از نواحی دگرسان شده و کانی ساز در نهایت منجر به تایید و درستی آن خواهد شد . به طورکلی در تعریف یک ناحیه غیر متعارف ژئوشیمیایی به پارامترهایی همچون مقدار نمونه های غیر عادی با انتشار ناهمگون از هر عنصر ، روند گسترش ناهنجاری ، سطح تقریبی ناحیه امید بخش ، محل دقیق نمونه های غیر عادی و به تبع آن ناحیه آنومالی ، هم پوشانی آنومالیهای ژئوشیمیایی بر آنومالیهای ژئوفیزیکی مغناطیس هوای و نمودهای تکتونیکی ، گسترش رخساره های سنگی پوشش دهنده محیط ناهنجار و در نهایت برابر مقدار انتشار عنصر مورد نظر با مقدار انتشار در حد زمینه آن عنصر در محیطهای گوناگون اولیه و ثانویه مد نظر می باشد .

در محدوده ۱۰۰۰۰۰ : ۱ اسفوردی پس از داده پردازیهای اولیه و پردازش هایی همچون خطاگیری ، همبستگی ، فاکتور کردن ، کلاستر نمودن ، تعداد ۱۲ برگ نقشه تک متغیره ،۱ برگ نقشه نمونه برداری و ٤ برگ نقشه چند متغیره تجزیه عاملی بدست آمده است . عناصر مورد پردازش و قابل قبول در این عملیات به ترتیب عبارتند از :

۱- Fe_2O_3
۲- MnO
۳- P_2O_5
٤- TiO_2
۵- B
٦- Ba
۷- Co
۸- Cr
۹- Cu
۱۰- Li
۱۱- Ni
۱۲- Zn

در نقشه ناهنجاریها سعی گردید تا شرح نسبتا کاملی از مقدار و عیار هر عنصر ، روند، مساحت و ابعاد تقریبی با نشانی دقیق آنومالیها ، تعداد و محل نمونه ها ، انطباق آنومالیها بر آنومالیهای ژئوفیزیکی و زونهای شکسته یا گسله و واحدهای لیتولوژیکی و ساختار زمین شناختی ،منطقه ارائه گردد .

نقشه ها بر مبنای حدود ذیل رسم گردیده است :

$>X+2.5s$
$X+1.5s - X+2.5s$
$X+0.5s - X+1.5s$
$X-0.5s - X+0.5s$
$X-1.5s - X-0.5s$
$X-2.5s - X-1.5s$
$<X-2.5s$

که البته شرح کامل تکنیک به کار برده شده و نرم افزار های مورد استفاده در رسم نقشه ها در بخش ۱-۳ گزارش می باشد .

Fe_2O_3 -۱

مقدار Fe_2O_3 در ورقه ۱۰۰۰۰۰ : ۱ اسفوردی از حداقل ۲/۷ الی حداکثر ۲۹/۷ در صد متغیر می باشد و محل آنومالیهای مهم به دست آمده این عنصر به طور مشخص در شمال ، شمال شرق نیمه غربی و جنوب غرب می باشد (نقشه شماره۱).

آنومالی شماره ۱ : این محدوده از گوشه جنوب خاوری نقشه سه چنگن شروع و در ادامه با روندی شمال باختری جنوب خاوری امتداد می یابد . این آنومالی در شمال روستای باغ بهار و نزدیک معدن آپانیت اسفوردی واقع شده است . مقدار اکسید آهن به بالاترین حد خود یعنی ۲۹/۷ درصد در این منطقه می رسد . لذا آنومالی درجه یک محسوب می شود . در این محدوده همچنین مقادیر TiO_2 , Zn , Cd , As , w نسبتا بالا می باشد که بر اهمیت آن می افزاید . همچنین در مرحله نمونه برداری در این محدوده آلتراسیون آرژیلیتی ـ لیمونیتی مشاهده است . مساحت تقریبی این محدوده ۷۷/۵ کیلومتر مربع است . واحدهای لیتولوژیکی آن عبارتند از : سنگ آهک ،دولومیت ، ریولیت تاریو داسیت ، توفهای ریولیتی ، شیل با کمی گدازه های اسیدی سن این واحد ها از پرکامبرین بالایی تا کامبرین می باشد .

آنومالی شماره ۲ : این آنومالی در گوشه شمال خاور منطقه قرار دارد که حداکثر مقدار اکسید آهن در آن ۱۱/۵درصد است و در نمونه اطراف آن نیز مقدار Fe_2O_3 بالا می باشد . و از نوع آنومالی درجه یک حساب می شود . روند این آنومالی شمال باختر – جنوب خاور است . مساحت این محدوده ۸/٤ کیلومتر مربع است . واحدهای سنگی این ناهنجاری شامل شیل ، ماسه سنگ کوارتزی ژور اسیک ، ماسه سنگ دانه ریز کامبرین و نهشته های کوهپایه ای کواترنر است . در این محدوده همچنین مقدار Co, Cu , Mo نیز بالا به دست آمده است . که می تواند مهم باشد .

آنومالی شماره ۳ : این ناهنجاری نیز در غرب ناهنجاری دوم واقع شده است که مقدار اکسید آهن آن بالا می باشد . مساحت این ناهنجاری که در آن مقدار TiO_2 و Ag نیز به نسبت بالا می باشد در حدود ۱۱/٦ کیلومتر مربع می باشد . واحدهای سنگی این مجموع عمدتا کنگلومرا و مارنهای نئوژن می باشد . و از نظر زمین ساختی پدیده مهمی در نقشه دیده نمی شود .

سایر ناهنجاریها : ناهنجاریهای دیگری نیز از این عنصر در چند جا یافت شده است که از توصیف آنها صرفنظر می کنیم این آنومالیها عبارتند از :

الف : ناهنجاری کوچکی در شمال معدن سه چاهون در شمال محدوده مورد مطالعه.

ب : ناهنجاری کم و بیش با وسعت زیاد در خاور برگه ۱۰۰۰۰۰ : ۱ اسفوردی در محور روستاهای دارستان ، نگنگون.

ج : خاور روستای سیروس آباد در محل تقاطع برگه های ۵۰۰۰۰ : ۱ سیروس آباد و شیطور.

د : گوشه جنوب باختر برگ ۱۰۰۰۰۰ : ۱ اسفوردی.

۲- MnO

مقدار این عنصر در این ورقه از حداقل ۰/۰۱ تا ۰/۳۹ درصد گزارش شده است . ناهنجاری های این عنصر به طور پراکنده در نیمه شمالی ، جنوب و نیمه باختری منطقه قرار دارد که از نظر درجه بندی چندان مهم نیستند . آنومالیهای مهم این عنصر در سه منطقه مشاهده شده است که در اینجا تنها به ذکر آنها بسنده می کنیم (نقشه شماره ۲).

آنومالی شماره ۱ : این ناهنجاری در جنوب باختر روستای باغ بهار (شمال خاور برگه ۵۰۰۰۰ : ۱ سیروس آباد) در دو محدوده تقریبا جدا از هم واقع شده است که به سمت شمال ادامه پیدا می کند ولی از مقدار و اهمیت آن کاسته می شود . واحدهای سنگی این محدوده ، عمدتاً سنگهای رسوبی کامبرین می باشدکه در آن شکستگی ها ،گسل های زیادی به چشم می خورد . در حوالی این منطقه همچنین مقدار Zn , Ba نیز بالا می باشد که می تواند اهمیت آنرا بالا ببرد .

آنومالی شماره ۲ : این آنومالی در شمال خاور برگه ۱۰۰۰۰۰ : ۱ اسفوردی و تقریبا منطبق بر آنومالی شماره ۲ ، اکسید آهن واقع شده است که این امر می تواند آنرا بعنوان کانسارهای آهن و منگنز مطرح نماید.

آنومالی شماره ۳ : این ناهنجاری با روند تقریبی خاور – باختر در نیمه جنوبی منطقه و بر روی واحدهای سنگی دولومیت ، شیل و ماسه سنگ با کمی توف و گدازه های اسیدی دوران برکامبرین بالایی تا کامبرین و توده های نفوذی دیوریتی واقع شده است . مساحت تقریبی این محدوده به ۱۷/۳ کیلومتر مربع می رسد .

P_2O_5 -۳

مقدار P_2O_5 در ورقه ۱۰۰۰۰۰: ۱ اسفوردی از ۰/۰۱ تا ۰/٤ درصد در نوسان است . مهمترین ناهنجاری این عنصر در حوالی معدن آپانیت اسفوردی به دست آمده است که بعلت شناخته بودن آن از شرح آن صرفنظر می کنیم . اما چند ناهنجاری مهم دیگر در جنوب اسفوردی ،شمال باختر ، خاور ،شمال خاوری مطقه مورد مطالعه به دست آمده است که به شرح مختصری از آنها می پردازیم (نقشه شماره ۳) .

آنومالی شماره ۱ : این آنومالی با مساحت کلی ۱۰/۵ کیلومتر مربع در دو محدوده تقریبا جدا از هم در جنوب معدن آپاتیت اسفوردی (شمال خاور برگه ۱/۵۰۰۰۰ سیروس آباد) و در اطراف کوه نریگان واقع شده است . واحدهای سنگی این محدوده توده های نفوذی کوارتز پورفیری ، گرانیت شیل ، دولومیت، آندزیت ، تراکی آندزیت و گدازهای اسیدی را در بر می گیرد . سن این واحد ها از پرکامبرین تا کامبرین تخمین زده می شود .

آنومالی شماره ۲ : محدوده ای تقریبا وسیع در شمال گزستان که باروند خاور – باختر از نیمه خاور منطقه شروع و تا خاور ادامه پیدا می کند این ناهنجاری را در بر می گیرد . در این محدوده از نظر شدت ناهنجاری می توان ٤ منطقه به هم پیوسته را از همدیگر متمایز نمود . واحدهای سنگی متنوعی شامل توده های نفوذی گرانیت و دیوریت ، دولومیتی ، شیل ، ماسه سنگ

، و ولکانیک های متوسط تا بازیک پرکامبرین ،آندزیت ، تراکی آندزیت و واحدهای رسوبی پرکامبرین بالایی تا کامبرین ، کنگلومرا و مارن نئوژن و رسوبات آبرفتی کواترنر در منطقه رخنمون دارند .

آنومالی شماره ۳ :شرق معدن کوشک با وسعتی در حدود ٤ کیلومتر مربع این ناهنجاری را شامل می شود . در این محدوده کنگلومرا و مارن نئوژن و رسوبات آبرفتی کواترنر را داریم. در اینجا همچنین Ag , Cu , Zn نیز دارای آنومالی می باشد .

آنومالی شماره ٤ : (محدوده گوشه شمال باختر برگه ۱۰۰۰۰۰ : ۱ اسفوردی) آنومالی فوق با مساحت ٤/٥ کیلومتر مربع در واحدهای سنگی توده های نفوذی گرانیتی و دایک های دیابازی به همراه عناصر Cu , Ni قرار گرفته است .

TiO_2 – ٤

مقدار TiO_2 از حداقل ۰/۰۱ تا ۱/۸۸ درصد در این برگه متغیر می باشد . آنومالیهای این عنصر به صورت بسیار پراکنده در کل منطقه واقع شده اند که به طور عمده در برگه های شمالی (برگه های ۵۰۰۰۰ :۱ فرک و سه چنگن) واقع شده است . به دلیل پراکندگی وسیع آنومالی های این عنصر تنها به ذکر چند ناهنجاری مهم این عنصر می پردازیم (نقشه شماره٤).

آنومالی شماره ۱: در شمال خاور منطقه در روندی تقریبا شمال باختر – جنوب خاور این ناهنجاری با مساحت کلی ۲۹ کیلومتر مربع قرار گرفته است . در محدوده این آنومالی مقادیر بالای Co , Mo , Fe_2O_3 نیز گزارش شده است که می تواند آنرا بعنوان کانسارهای آهن مطرح سازد . سنگهای این محدوده عمدتا از کنگلومرا و مارنهای نئوژن و رسوبات آبرفتی کواترنر تشکیل شده است .

آنومالی شماره ۲ : این ناهنجاری در شمال شرق آنومالی شماره ۱ و تقریبا منطبق بر آنومالی شماره ۲،۱ MnO , Fe_2O_3 واقع شده است به همین علت می تواند از نظر وجود کانی سازی آهن و منگنز با اهمیت تلقی شود .

آنومالی شماره ۳ : دو محدوده جدا از هم در امتداد شمال جنوب در نیمه شمال غربی منطقه مورد مطالعه این ناهنجاری را تشکیل می دهد .واحدهای سنگی دگرگونه سری ندن و رسوبات آبرفتی کواترنر این محدوده را می پوشانددر این محدوده همچنین عناصر As , Sb , Mo , Fe_2O_3 مقادیری نسبتاً بالا را از خود نشان داده است .

B -۵

کمترین مقدار عنصربر ۹ گرم در تن و بیشترین مقدار آن ۲۱۲ گرم در تن گزارش شده است. مهمترین آنومالیهای این عنصر در نیمه جنوبی ، خاور ، شمال باختری و حوالی معادن کوشک و اسفوردی واقع شده است (نقشه شماره ۵) . در اینجا به ذکر دو آنومالی اول می پردازیم .

آنومالی شماره ۱: این ناهنجاری در اطراف روستای سیروس آباد (شرق برگه ۵۰۰۰۰: ۱ سیروس آباد) و در امتداد شمال – جنوب واقع شده است . که در آن علاوه بر بور عنصر مس نیز مقدار بالایی را ازخود نشان داده است . واحدهای سنگی این محدوده عمدتا از توده های نفوذی گرانیت ، کوارتز پرفیری ، دیوریت ، گابرو ، دایکهای دیابازی تا دیوریتی تشکیل شده اند که بر اهمیت آن می افزاید . وسعت کلی این محدوده در حدود ۳۵/٦ کیلومتر مربع است .

آنومالی شماره ۲ : در حوالی روستاهای کاظم آباد ، علی آباد ، صادق آباد و تقی آباد (شرق برگه ۱۰۰۰۰۰ : ۱ اسفوردی) این آنومالی درجه اول بر در مساحتی به تقریب ۸/٤ کیلومتر مربع واقع شده است . از نظر لیتولوژیکی در این محدوده توده نفوذی گرانیتی داریم که نقشه ژئومغناطیس هوایی نیز وجود توده نفوذی را تایید می کند در محدوده این آنومالی همچنین Ba , P_2O_5 نیز آنومالی نشان داده است .

Ba -٦

مقدار عنصر باریم در این روقه از حداقل ١٦٧ تا حداکثر ٤٦٦٦/٧ گرم در تن در حال نوسان می باشد . ناهنجاری های مهم این عنصر به طو رعمده در دو برگه شمالی واقع شده اند که مهمترین آن که منطقه وسیعی را نیز در بر می گیرد و در حوالی معادن سرب و روی کوشک ،

آپاتیت اسفوردی واقع شده است که وجود Ba در آنها منطقی به نظر می رسد و از توصیف آنها صرفنظر می کنیم . لکن ناهنجاری های دیگری از این عنصر در شرق ، نیمه شمالی ، شمال شرق و جنوب شرق منطقه دیده می شود (نقشه شماره ٦) . شرح آنومالیهای مهم منطقه در زیر می آید .

آنومالی شماره ۱ : این آنومالی با مساحت ۳۰/۵ کیلومتر مربع با روندی به تقریب شرقی – غربی از شرق روستای فرک در نقشه ۵۰۰۰۰ : ۱ فرک شروع و به سمت غرب تا نقشه ۵۰۰۰۰: ۱ سه چنگن تا شمال شرق روستای سه چنگن ادامه پیدا می کند . در این محدوده واحدهای سنگی شیل ، ماسه سنگ ، آهک ، دو لومیت ،سنگهای ولکانیک متوسط ، سنگهای نفوذی متوسط تا اسیدی دوران پرکامبرین ، سنگهای رسوبی اینفراکامبرین و رسوبات آبرفتی کواترنر رخنمون دارند . در این محدوده عناصر Ni, Ag نیز آنومالی نشان داده است .

آنومالی شماره ۲ : این آنومالی در شرق برگه ۱۰۰۰۰۰: ۱ اسفوردی واقع شده است و با آنومالی شماره ۲ بور انطباق دارد . همچنین در جوار این آنومالی نشانه هایی از کانی سازی آهن مشاهده شده است .

Co –۷

کمترین و بیشترین مقدار کبالت در این برگه به ترتیب ۱۱ و ۲۹٤ گرم در تن به دست آمده است و با توجه به نقشه ناهنجاری آن (نقشه شماره ۷) می توان آنومالیهای مهم این عنصر را در ٤ منطقه مشاهده نمود که در زیر به توصیف آنها می پردازیم .

آنومالی شماره ۱ : این ناهنجاری با مساحت کلی ۳۳ کیلومتر مربع در شمال شرق محدوده مورد مطالعه و عمدتا بر روی واحدهایی از جنس کنگلومرا و مارن نئوژن و رسوبات آبرفتی کواترنر قرار دارد . در این منطقه همچنین عناصر Ba, Fe2O3 ,TiO 2 و تاحدودی MnO نیز از خود آنومالی نشان داده اند . همچنین مقادیری از عنصر مولیبدن نیز در این منطقه یافت شده است .

آنومالی شماره ۲ : این آنومالی را می توان در شمال برگه ۵۰۰۰۰ : ۱ شیطور و در دو محدوده جدا از هم مورد مطالعه قرار داد که هر دو دارای روندی تقریبا شمال – جنوب میباشند و

بر روی واحدهای کنگلومرایی سست بافت و مارن نئوژن تا کواترنر قرار دارد . مساحت این دو محدوده به تفکیک ۲۶ و ۱۹/۵ کیلومتر مربع است .

آنومالی شماره ۳ : با بررسی نقشه ناهنجاری ها می بینیم که در شمال غرب منطقه مورد مطالعه این ناهنجاری قرار گرفته است .که در این محدوده مقادیری از عناصر W,Sb, As به دست آمده است و علاوه بر آن عناصر TiO_2 , Fe_2O_3, Li در آن آنومالی نشان داده اند . واحدهای سنگی این محدوده با مساحت کلی ۷۸/۵ کیلومتر مربع عبارتند از :

توده های نفوذی گرانیتی و گابرویی ، دو لومیت ، شیل ، ماسه سنگ باکمی توف و گدازه های اسیدی ، آهکهای لایه لایه و فسیل دار و نهشته های کوهپایه ای پست و بلند ، سن این واحد ها از پرکامبرین تا کواترنر می باشد .

آنومالی شماره ٤ : در جنوب شرق آنومالی شماره اول این ناهنجاری باوسعتی در حدود ۹/٦ کیلومتر مربع و بر وری واحدهای سنگهای رسوبی اینفراکامبرین ، شیل و ماسه سنگ کوارتزی ژوراسیک و کنگلومرا و مارنهای نئوژن تا کواترنر و نهشته های کوهپایه ای کواترنر قرار گرفته است . که جزو آنومالی های درجه اول به حساب می آید .

Cr -۸

با توجه به نتایج حاصل از آنالیز می بینیم که مقدار عنصر کروم در این برگه از حداقل ۷۷ گرم در تن تا حداکثر ۱۰۷۲ گرم در تن متغیر می باشد و بر همین اساس و با توجه به نقشه ناهنجاری آن (نقشه شماره ۸) ناهنجاری هایی به صورت پراکنده از این عنصر در نواحی مختلف برگه ۱۰۰۰۰۰ : ۱ اسفوردی به دست آمده است که در اینجا به ذکر ۳ مورد آن اکتفا می کنیم .

آنومالی شماره ۱ : در جنوب غرب محدوده مورد مطالعه و برروی واحدهای دگرگونه آهنک بلوری ، کالک شیست ، مسکویت ، کوارتز شیست و کوردیریت سری مشیدوان در مساحتی حدود ۵۲ کیلومتر مربع این ناهنجاری درجه اول کروم قرار دارد . در اینجا نیز تا حدودی از خود

آنومالی نشان داده اند و آنومالیهایی از نوع درجه سوم TiO_2, Fe_2O_3 در اینجا مشاهده می شود .

آنومالی شماره ۲ : این ناهنجاری با وسعتی در حدود ۲۳ کیلومتر مربع در غرب منطقه قرار دارد که در آن سنگهای آهکی کرتاسه و نهشته های کوهپایه ای کواترنر رخنمون دارند.

آنومالی شماره ۳ : بر روی واحدهای رسوبی ترشیری و ژوراسیک شمال شرقی برگه اسفوردی این ناهنجاری درجه اول کرم قرار دارد . که با ناهنجاری های $MnO\ TiO_2, Fe_2O_3$ Ba ,در این منطقه تا حدودی تطابق دارد .

Cu -۹

مقدار نقره در این برگه از حداقل ۳/۷۵ گرم در تن تا ۲۸۲ گرم در تن در حال نوسان می باشد . ناهنجاری های مهم این عنصر در ۳ محدوده در شمال غرب ، مرکز و جنوب منطقه واقع شده اند . چند ناهنجاری دیگر نیز از این عنصر به دست آمده است که در نقشه مشخص می باشد (نقشه شماره ۹).

آنومالی شماره ۱ : این ناهنجاری با مساحتی در حدود ۲۰/۵ کیلومتر مربع در گوشه شمال غربی منطقه و منطبق بر آنومالیهای MnO و تاحدی نیکل قرار گرفته است . که در آن توده های نفوذی گرانیتی و کنگلومرا و مارنهای نئوژن رخنمون دارند .

آنومالی شماره ۲ : محدوده ای مثلثی شکل از مرکز به سمت جنوب منطقه که عمدتا در آن توده های نفوذی گرانیتی ، گابرویی ، کوارتز پرفیری و دایکهای دیابازی تا دیوریتی و سنگهای رسوبی رخنمون دارند ، این ناهنجاری مهم مس را در بر می گیرد . مساحت این ناهنجاری که در محدوده آن آنومالیهای نیکل و روی نیز یافت شده است در حدود ۹۶ کیلومتر مربع است .

آنومالی شماره ۳ : در جنوب آنومالی شماره ۲ و در حوالی روستاهای سلمانو سردرو و محمد آباد این ناهنجاری قرار گرفته است . در این ناهنجاری که در آن زونهای گسلی و

شکستگیهای فراوانی دیده می شود ، واحدهای رسوبی ترشیری و دونین و کرتاسه رخنمون دارند ، وسعت تقریبی این آنومالی ۳۳ کیلومترمربع است .

Li -۱۰

با توجه به جدول پارامترهای آماری می بینیم که مقدار لیتیوم از ۷/۵ تا ۱۹۱ گرم در تن متغیر می باشد . ناهنجاری های این عنصر در مناطق مختلف پراکنده شده است .(تقشه شماره ۱۰) در زیر شرح ۲ ناهنجاری مهم این عنصر می آید .

آنومالی شماره ۱ : این ناهنجاری درجه اول لیتیوم در حوالی روستای گزستان (نیمه شمال شرقی برگه ۵۰۰۰۰: ۱شیطور) قرار گرفته است . در شرق این آنومالی نیز آنومالیهای با درجه اهمیت کمتر از این عنصر دیده می شود . در این محدوده توفهای ریولیتی تا ریودایستی دولومیت ، شیل ، ماسه سنگ با کمی توف و گدازه های اسیدی مربوط به اینفراکامبرین و کنگلومرا و مارنهای نئوژن تا کواترنر رخنمون دارند . مساحت این ناهنجاری ۲۱ کیلومتر مربع است .

آنومالی شماره ۲ : این آنومالی با روندی تقریبا شمال شرق – جنوب شرق در نیمه شمال غربی برگه ۵۰۰۰۰: ۱ سه چنگن واقع شده است . که در قسمت جنوب شرق بر روی واحدهای سنگهای رسوبی ، آندزیت ، تراکی آندزیت ، گرانیت و گابرو قرار گرفته و در قسمت شمال شرقی به کنگلومرا و مارنهای نئوژن می رسد که در این بین رسوبات آبرفتی و نهشته های کوهپایه ای کواترنر را نیز قطع می کند . در این منطقه آنومالی عنصر مس را هم داریم و مقادیری از عناصر آرسنیک و تنگستن نیز به ثبت رسیده است . که وجود این عناصر و توده های نفوذی بر اهمیت آن می افزاید .

Ni -۱۱

مقدار عنصر نیکل از حداقل ۱۳ گرم در تن تا حداکثر ۳۲۹ گرم در تن درحال نوسان می باشد . ناهنجاری های مهم این عنصر به طور عمده در ۵ قسمت از برگه مورد مطالعه واقع شده اند . به دلیل اینکه این ناهنجاری در مناطق گوشه شمال غربی ، مرکزی و جنوب برگه با آنومالیهای

مس همخوانی دارد و قسمت جنوب غربی نیز با آنومالی Cr تطابق دارد از تشریح آنها صرفنظر می کنیم و تنها به ذکر یک ناهنجاری از این عنصر که در جنوب شرق منطقه و شمال شرق روستای شیطور از برگه ۵۰۰۰۰ :۱ شیطور قرار گرفته است می پردازیم (نقشه شماره ۱۱).

آنومالی شماره ۱ : مساحت کلی این آنومالی در حدود ۷۲ کیلومتر مربع است که در بین آنومالیها از شدت بیشتری برخوردار است . در محدوده این ناهنجاری زونهای گسلی و شکستگیهای فراوانی به چشم می خورد که بر روی واحدهای سنگی رسوبی از پرکامبرین بالایی تا ترشیری و یک توده نفوذی سینیتی و رسوبات آبرفتی و نهشته های کوهپایه ای کواترنر واقع شده است . نقشه ژئومغناطیس هوایی نیز وجود یک توده نفوذی نیمه عمیق را در اینجا تایید می کند .

Zn -۱۲

کمترین مقدار روی در برگه ۱۰۰۰۰۰ :۱ اسفوردی ۷/۵ گرم در تن و بیشترین مقدار آن ۳۹۶ گرم در تن گزارش شده است . مهمترین آنومالی روی در اطراف معدن سرب و روی کوشک است که معدن شناخته شده ای است که این ناهنجاری به سمت جنوب با فاصله هوایی حدود ۲ کیلومتر گسترش پیدا می کند که در این محدوده ناهنجاری های روی با ناهنجاری شماره ۲ مس و تا حدودی نیکل و لیتیوم منطبق است که از شرح آن خودداری می کنیم . همچنین ۲ ناهنجاری دیگر از این عنصر با فاصلهٔ نسبتا کم از هم در اطراف معدن آپاتیت اسفوردی دیده شده است که بعلت شناخته بودن این منطقه از ذکر آن نیز صرفنظر می کنیم یک ناهنجاری دیگر نیز با وسعت کم در گوشه شمال شرق منطقه دیده شده است که با ناهنجاریهای Ba, Cr, TiO_2, Fe_2O_3 , Coدر این منطقه همخوانی دارد . در اینجا تنها به شرح یک ناهنجاری دیگر این عنصر در نیمه شمال شرقی برگه ۵۰۰۰۰: ۱ شیطور می پردازیم (نقشه شماره ۱۲).

آنومالی شماره ۱ : این آنومالی درجه اول روی با مساحت تقریبی ۲۲ کیلومتر مربع در شمال روستای چاه میر (شمال شرق برگه ۵۰۰۰۰: ۱ شیطور) با روندی به تقریب شمال جنوب واقع شده است . در این ناهنجاری واحدهای سنگی زیر رخنمون دارند :

آندزیت و تراکی آندزیت ، دولومیت ، سنگ آهک دولومیتی ، شیل ، ماسه سنگ کوارتزی با کمی توف و گدازه های اسیدی که همگی متعلق به پرکامبرین بالایی تا کامبرین می باشد نقشه ژئومغناطیس هوایی وجود یک توده نفوذی نیمه عمیق را در این منطقه نشان می دهد ، وجود این امر و همچنین آنومالی MnO در این محدوده بر اهمیت اکتشافی آن می افزاید که لازم است در مرحله کنترل ناهنجاری به آن توجه شود.

معرفی ناهنجاری فاکتوری

پس از مشخص نمودن هر عامل ، مقادیر عاملی هر نمونه محاسبه می گردد . بنابراین برای هر نمونه چهار مقدار عاملی برآورد می شود ، که در ضمیمه شماره ۵ آورده شده است . حال همانند یکسری داده ها ، مقادیر میانگین و انحراف معیار عاملها در نرم افزار محاسبه شده است ، سپس مقادیر $\bar{x}+3s, \bar{x}+2s, \bar{x}+s$ مشخص می شود . مقدار میانگین هر سه عامل تقریبا صفر و انحراف معیار هر عامل یک می باشد ، بنابراین مقادیر بالای ۱، ۲و۳ به ترتیب جزء آنومالیهای درجه سه ، درجه دو و درجه یک تلقی می گردند . این مقادیر در جدول ۱-۳ آورده شده است.شرح نقشه های ناهنجاری فاکتوری در زیر می آید.

فاکتور اول

این فاکتورشامل عناصر Al_2O_3, Be, B, Cu می باشد آنومالیعای بدست آمده ازاین عنصر عمدتاً در شمال باختر و جنوب ورقه اسفوردی واقع شده است (نقشه شماره ١٤). در زیر به شرح آنومالی درجه اول این عامل می پردازیم

آنومالی شماره ۱: این آنومالی با مساحت تقریبی ۲۲ کیلومتر مربع در شمال غربی منطقه مورد مطالعه قرار گرفته است و از انطباق نسبتاً خوبی با آنومالیهای بدست

آمده ازعناصر مس و بر برخوردار است . واحدهای سنگی که دراین محدوده رخنمون دارند، شامل توده های نفوذی گرانیتی و کنگلومرا ومارنهای نئوژن است.

فاکتور دوم: این فاکتور شامل عناصر MnO,V , P_2O_5 است که می تواند معرف کانسارهای منگنز در منطقه باشد. همچنین وجود P_2O_5 کانی سازی فسفات را متحمل میسازد. ناهنجاریهای این فاکتور بطور عمده در نواحی جنوب و جنوب شرق برگه ۱:۵۰،۰۰۰ سه چنگن واقع شده اند.(نقشه شماره ۱۵) بعلت اینکه آنومالیها درجه اول محسوب نمی شوند از شرح آنها صرفنظر می کنیم.

فاکتور سوم: عناصر Co,Li,Ni,Zn در بر گیرنده این عامل می باشد.همراهی عناصر Co,Ni,Zn می تواند تا حد زیادی معرف کانسارهای ماسیوسولفید باشد، که با توجه به وجود کانسار ماسیوسولفید کوشک در منطقه چندان دور از انتظار نیست. آنومالیهای بدست آمد از این فاکتور که در نواحی مرکزی برگه ۱:۵۰،۰۰۰ سه چنگن، مرکز ، شمال خاور و شمال باختر برگه ۱:۵۰،۰۰۰ شیطور از ورقه اسفوردی واقع شده اند و از نظر درجه بندی جزء آنومالیهای درجه دوم به پایین بحساب می آیند(نقشه شماره ١٦)

فاکتور چهارم: فاکتور مذکور شامل TiO_2,Fe_2O_3 میباشد . با توجه به گسترش کانی سازی آهن در این منطقه این عامل بیشتر متاثر از کانی سازی های آهن میباشد. دوآنومالی درجه اول ازاین عامل درشمال ، شمال شرق برگه ۱:۱۰۰،۰۰۰

اسفوردی واقع شده اند. همچنین یک آنومالی درجه دوم با روند تقریبی شمال – جنوب در جنوب آنومالیهای بالا قرار گرفته است (نقشه شماره ۱۷) در زیر به شرح دو آنومالی درجه اول از این فاکتورمی پردازیم.

آنومالی شماره ۱: این آنومالی در شمال برگه اسفوردی با وسعتی در حدود ۱۰ کیلومتر مربع قرارگرفته است. واحدهای سنگی دارای رخنمون در این محدوده اکثراً شامل مارنهای رنگین نئوژن و نهشته های کوهپایه ای کواترنری میباشند.

آنومالی شماره ۲: این آنومالی نیز با واحدهای سنگی مشابه آنومالی شماره ۱ در خاور آن واقع شده است. وسعت تقریبی این آنومالی در حدود ۵ کیلومتر مربع میباشد.

نتیجه گیری و پیشنهادات:

مطالعات انجام شده در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ اسفوردی منتج به دستاوردهایی شدهاست ،که بصورت معرفی چند منطقه ناهنجار جهت مرحله کنترل آنومالی و بررسی های اکتشافی بعدی می باشد.

بر اساس نقشه های ناهنجاری ترسیم شده و شواهد صحرایی در هنگام نمونه برداری بغیر از مناطق شناخته شده قبلی نظیر معدن سرب و روی کوشک،آپاتیت

اسفوردی،آهن سه چاهون و... محدوده های زیر بعنوان مناطق امید بخش معرفی می گردد.

۱-گوشه شمال غرب ،اطراف روستای سیروس آباد در نیمه جنوبی و شرق معدن سرب و روی کوشک در مرکز ورقه اسفوردی آنومالی عنصر مس ، را نشان می دهد.که وجود توده های نفوذی اسیدی مثل گرانیت ،گابرو ،کوارتز پرفیری ،دایک های دیابازی و... در حوالی آنها بر اهمیت کانی سازی مس می افزاید.

۲-فسفر در دو منطقه یکی در شمال غرب وجنوب شرق روستای گزستان و دیگری در جنوب اسفوردی از خود ناهنجاری نشان داده است.تشابه این مناطق از نظر لیتولوژیکی با آپاتیت اسفوردی می تواند آنها را بعنوان کانسار فسفر مطرح سازد.همچنین وجود منگنز همراه آن از نظر کانی سازی منگنز نیز مهم می باشد.

۳-ناهنجاری آهن از گسترش به نسبت خوبی در منطقه برخوردار میباشد،در سه محدوده در شمال روستای مشیرآباد(شمال برگه ۱:۵۰۰۰۰ فرک)،جنوب برگه ۱:۵۰۰۰۰ سه چنگن در اطراف اسفوردی و در قسمت مرکزی برگه ۱:۵۰۰۰۰ سیروس آباد آنومالی هایی از این عنصر بدست آمده است که در همه آنها ناهنجاری تیتان نیز بچشم می خورد.

٤-کانی سازی باریت ،این نوع کانی سازی عمدتا در شرق منطقه،گوشه شمال شرق و جنوب برگه فرک بدست آمده است.

با ذکر مناطق ناهنجار پیشنهاد می شود که:

الف)با توجه به مقادیر بالای داده های سنسورد برای عناصر مهمی نظیر نقره،بیسموت،کادمیوم،مولیبدن،آرسنیک،آنتیموان ،قلع و تنگستن حداقل برای مناطق

معرفی شده این عناصر بوسیله یک روش تجزیه ای با حد حساسیت بالا دوباره تجزیه شیمیایی شوند.تا بتوان به تجزیه و تحلیل بهتری پرداخت.ب)بدلیل اهمیت عناصر نادر خاکی در کانسارهای فسفر وبه سبب وجود کربناتیتها در منطقه مورد مطالعه تجزیه این عناصر پیشنهاد می گردد.ج) علیرغم خطای نسبی بالا (بالای ۱۰٪) برای بیشترعناصر ناهنجاری های درجه اول عناصری مثل روی،فسفر و آهن در اکثر موارد با مناطق شاخص قبلی تطابق خوبی را از خود نشان می دهند، این مسئله به وجود خطای سیستماتیک در مرحله شماره گذاری نمونه های تکراری قوت می بخشد،لذا توصیه می شود جهت اطمینان از دقت نتایج بدست آمده در صورت امکان پایان تعدادی از نمونه های بایگانی شده مجددا به آزمایشگاه ارسال شود.

Minstery of Industries&Mines

Geological Survey of IRAN

Geochemical Exploration Department

Geochemical Exploratiion in “ESFORDI”

Scale 1:100,000

By :

M.R.Alavi Naeini , S.A.Meshkani , A.R.Fazaeli ,

M.Alipoor,A.S.Saeedi

MAY 2002